



ISSN 2788-7995 (Print)  
ISSN 3006-0524 (Online)

**ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ**  
**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР**  
**ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ**

**ВЕСТНИК УНИВЕРСИТЕТА ШАКАРИМА**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**BULLETIN OF SHAKARIM UNIVERSITY**  
**TECHNICAL SCIENCES**  
**SCIENTIFIC JOURNAL**

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



**ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
Х А Б А Р Ш Ы С Ы  
ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАР  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ**

---

**В Е С Т Н И К  
УНИВЕРСИТЕТА ШАКАРИМА  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

---

**B U L L E T I N  
OF SHAKARIM UNIVERSITY  
TECHNICAL SCIENCES  
SCIENTIFIC JOURNAL**

**№ 2 (14) 2024**

**Семей, 2024**

**Ғылыми журнал**  
**«Шәкәрім Университетінің Хабаршысы»**  
**Техникалық ғылымдар сериясы»**

№ 2 (14) 2024

**Меншік иесі:**

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

1997 жылдан бастап шығарылады  
Кезеңділігі: тоқсан сайын (жылына 4 рет)

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің  
Ақпарат комитетінде тіркелген  
Есепке қою туралы куәлік № KZ93VPY00033663 19.03.2021 ж.

**РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА**

**Бас редактор – Есимбеков Жанибек Серикбекович**, PhD (Қазақстан, Семей қ.)

**Амирханов Кумарбек Жунусбекович** – техника ғылымдарының докторы, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ профессоры (Қазақстан, Семей қ.)

**Виелеба Войтек** – техника ғылымдарының докторы, Вроцлав ғылым және технология университетінің профессоры (Польша, Вроцлав қ.)

**Дворцовой Александр Игоревич** – техника ғылымдарының кандидаты, Новосібір мемлекеттік техникалық университетінің доценті (Ресей, Новосібір қ.)

**Какимов Айтбек Калиевич** – техника ғылымдарының докторы, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ профессоры (Қазақстан, Семей қ.)

**Лобасенко Борис Анатольевич** – техника ғылымдарының докторы, «Кемерово мемлекеттік университетінің» профессоры, Жоғары білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі (Ресей, Кемерово қ.)

**Майоров Александр Альбертович** – техника ғылымдарының докторы, федералдық Алтай агроботехнологиялық ғылыми орталығының профессоры (Сібір ірімшік өндіру саласындағы ғылыми зерттеу институты) (Ресей, Барнаул қ.)

**Ребезов Максим Борисович** – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, Оңтүстік-Орал мемлекеттік университетінің профессоры (Ресей, Челябині қ.)

**Узаков Ясин Маликович** – техника ғылымдарының докторы, Алматы технологиялық университетінің профессоры, (Қазақстан, Алматы қ.)

**Хуторянский Виталий Викторович** – профессор, Реддинг университеті (Ұлыбритания, Реддинг қ.)

**Чоманов Уришбай Чоманович** – техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ (Қазақстан, Алматы қ.)

**Драгоев Стефан Георгиев** – техника ғылымдарының докторы, Тағамдық технологиялар университетінің профессоры, Болгар Ғылым академиясының корреспондент-мүшес (Болгария, Пловдив қ.)

**Налок Дута** – PhD, Вашингтон Университеті (АҚШ, Вашингтон)

**Жазылу индексі: 76172**

**Редакция құрамы:**

Евлампиева Е.П. – редактор  
Семейская З.Т. – редактор

**Редакцияның мекен-жайы:**

071412, Абай облысы, Семей қ., Глинки к-сі, 20а,  
каб.506 Байланыс телефоны: 8(7222)31-32-49  
Электрондық пошта: rio@semgu.kz

Қолжазбалар қайтарылмайды. Авторлардың пікірлері редакцияның көзқарасымен сәйкес келмеуі мүмкін. Материалдарды басқа басылымдарда пайдалануға редакцияның жазбаша келісімімен ғана рұқсат етіледі. Ұсынылған материалдардың дұрыстығына автор жауапты болады. Журналға сілтеме міндетті.

© «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам, 2024

# Научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки»

№ 2 (14) 2024

## Собственник:

Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей»

Издается с 1997 года

Периодичность: ежеквартально (4 раза в год)

Журнал зарегистрирован в Комитете информации Министерства информации  
и общественного развития Республики Казахстан

Свидетельство о постановке на учет № KZ93VPY00033663 от 19.03.2021 г.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор – Есимбеков Жанибек Серикбекович**, PhD (Казахстан, г. Семей)

**Амирханов Кумарбек Жунусбекович** – доктор технических наук, профессор, НАО «Университет имени Шакарима города Семей» (Казахстан, г. Семей)

**Виелеба Войтек** – доктор технических наук, профессор, Вроцлавский университет науки и технологии (Польша, г. Вроцлав)

**Дворцовой Александр Игоревич** – кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный технический университет (Россия, г. Новосибирск)

**Какимов Айтбек Калиевич** – доктор технических наук, профессор, НАО «Университет имени Шакарима города Семей» (Казахстан, г. Семей)

**Лобасенко Борис Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (Россия, г. Кемерово)

**Майоров Александр Альбертович** – доктор технических наук, профессор, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (отдел Сибирского научно-исследовательского института сыроделия) (Россия, г. Барнаул)

**Ребезов Максим Борисович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (Россия, г. Челябинск)

**Узаков Ясин Маликович** – доктор технических наук, профессор, Алматинский технологический университет (Казахстан, г. Алматы)

**Хуторянский Виталий Викторович** – профессор, Университет Рединга (Великобритания, г. Рединг)

**Чоманов Уришбай Чоманович** – доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности (Казахстан, г. Алматы)

**Драгоев Стефан Георгиев** – доктор технических наук, профессор, Университет пищевых технологий, член-корреспондент Болгарской Академии наук (Болгария, г. Пловдив)

**Налок Дута** – PhD, Университет штата Вашингтон (США, Вашингтон)

Подписной индекс: 76172

## Технические редакторы:

Евламбиева Е.П.  
Семейская З.Т.

## Адрес редакции:

071412, область Абай, г. Семей, ул. Глинки, 20А,  
каб. 506  
Контакты: телефон: 8(7222)31-32-49  
Электронная почта: rio@semgu.kz

Рукописи не возвращаются. Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции. Использование материалов в других изданиях допускается только с письменного согласия редакции. За достоверность представленных материалов ответственность несет автор. Ссылка на журнал обязательна.

© Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей», 2024

# Scientific journal «Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences»

---

№ 2 (14) 2024

---

## Owner:

Non-profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey»

Published since 1997

Frequency: quarterly (4 times a year)

The journal is registered with the Information Committee of the Ministry of Information and Public Development of the Republic of Kazakhstan  
Certificate of registration no. KZ93VPY00033663 dated 03/19/2021

## EDITORIAL BOARD

**Editor-in-chief – Yessimbekov Zhanibek**, PhD (Kazakhstan, Semey)

**Amirkhanov Kumarbek** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the NJC «Shakarim University of Semey» (Kazakhstan, Semey)

**Wieleba Wojciech** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Wroclaw University of Science and Technology (Poland, Wroclaw)

**Kakimov Aitbek** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the NJC «Shakarim University of Semey», (Kazakhstan, Semey)

**Dvortsevov Alexander Igorevich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Novosibirsk State Technical University (Russia, Novosibirsk)

**Lobasenkov Boris** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (Russia, Kemerovo)

**Mayorov Alexander** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies (Department of the Siberian Research Institute of Cheese Making) (Russia, Barnaul)

**Rebezov Maxim** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of South Ural State University (Russia, Chelyabinsk)

**Uzakov Yassin** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University (Kazakhstan, Almaty)

**Khutoryanskiy Vitaly** – Professor at the University of Reading (Great Britain, Reading)

**Chomanov Urishbai** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Department of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Kazakhstan, Almaty)

**Dragoev Stefan** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Engineering at the University of Food Technologies, Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences (Bulgaria, Plovdiv)

**Nalok Dutta** – PhD, Washington State University (USA, Washington)

**Subscription index: 76172**

## Editorial staff:

Yevlampiyeva Y. – editor

Semeyskaya Z. – editor

## Editorial Office address:

071412, Abai region, Semey,

Glinka str., 20A, room 506

Contacts: phone: +7 (7222) 31-32-49

Email address: rio@semgu.kz

Manuscripts are not returned. The opinions of the authors may not coincide with the point of view of the editors. The use of materials in other publications is allowed only with the written consent of the editorial board. The author is responsible for the accuracy of the submitted materials. A link to the journal is required.

© Non-profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», 2024

**K. Zenkovich, T. Zhylkybayev\*, S. Kaysanov, T. Ustinova**  
Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street  
\*e-mail: zhtosya@mail.ru

## APPLYING SOCIAL MINING RESULTS FROM OPEN SOCIAL NETWORKS

**Annotation:** *The advent of web-based communities and social networking sites has resulted in a massive amount of social networking data that is embedded with rich sets of meaningful social media knowledge. Social network analysis and the study of social structures using networks and graph theory help to find a systematic method or process for studying social networks. The article reveals the concept of intellectual analysis of social networks. The key aspect of the article is the application of the results of social network analysis to various branches of human activity.*

*Describes the benefits of using Social Mining to identify patterns in big data. Using Social Mining mechanisms, you can find non-trivial and, at first glance, non-obvious patterns in large volumes of information. The article provides examples of software that can be used to quickly collect and analyze data from social networks. Analytics services simplify work and increase opportunities on social networks. Social network analysis provides an effective system for discovering and interpreting online social connections.*

*Social network analytics goes beyond counting likes, reposts and links. This is a comprehensive in-depth data analysis that helps to understand what attracts more attention or guide users when accessing the brand through social networks.*

**Key words:** *data mining, social networks, big data, data collection, web communities.*

### Introduction

Regardless of the field of activity, the widespread penetration of information technology into the life of a modern person can be traced. Advances in technology have led to the emergence of forms of electronic communication such as web communities and social networking sites. They facilitated collaboration and information sharing between users.

The advent of web-based communities and social networking sites has resulted in a massive amount of social networking data that is embedded with rich sets of meaningful social media knowledge. Social media mining aims to extract, represent, and exploit rich sets of meaningful knowledge from massive amounts of social media data, from data in digital text forms to data in multimedia formats.

### Conditions and methods of research

Social network analysis and the study of social structures using networks and graph theory help to find a systematic method or process for exploring social networks and for discovering, obtaining, representing and using meaningful knowledge such as interdependence relationships among social entities in networks.

Social network analysis can also be seen as the interaction between data mining and social computing. Data mining refers to the non-trivial extraction of implicit, previously unknown, and potentially useful information from data (such as social media data); social computing crosses social behavior and computer systems in that it computationally facilitates social inquiry and social-human dynamics in social networks, creates social conventions using computer software, and develops information and communication technologies to deal with social context. An important goal of social network analysis is to obtain meaningful knowledge about social networks contained in social network data [1].

Data Mining methods are used to search for non-obvious patterns in large amounts of data. Often, the use of a set of Data Mining methods is called data mining. Data Mining combines methods that have developed in various disciplines, in such sciences and research areas as applied statistics, pattern recognition, artificial intelligence, database theory, etc. Data mining methods are based on an information approach to modeling, in which the model is based on data processing rather than mathematical patterns. The construction of information models is based on machine learning, when the parameters of the model are determined on a training set of data, and the evaluation of the model is based on a test set. Each of the Data Mining tasks can be solved by different methods. Thus, models of decision trees, logistic regression, and artificial neural networks can be used to solve the classification problem. The regression problem can be solved by statistical or neural network methods, while neural networks allow modeling nonlinear dependencies.

Solving business intelligence tasks requires, as a rule, the application of some set of Data Mining tasks [2].

One of the algorithms for implementing effective mechanisms for personalized presentation of information to users based on the use of Data Mining tools includes the following steps:

- Collecting and enriching information about users of the social network.
- User segmentation.
- Interpretation and description of segments.
- Segmentation of guest users based on the built model.
- Personalized provision of information to user segments [3].

Social network analysis (figure 1) makes it possible to solve important practical questions and find unknown insights in sociology, psychology, economics and politics. One of the goals of social network analysis is to classify social network users according to various characteristics that make it possible to predict their future behavior. Intellectual analysis of social networks is successfully used in personnel agencies, educational institutions, banks, and insurance companies. Next, the resulting data will go through social media analytics and can be applied to these various fields.



Figure 1 – Social networking analysis techniques

Modern social media mining is a controversial practice that has led to exponential user growth for tech giants such as Facebook, Inc., Twitter and Google. Such companies, considered "big tech", are companies that create algorithms that use user input to understand their preferences and keep them on the platform as often as possible [4].

### Research results

Analysis of data from social networks helps to search for people according to the necessary characteristics, identify users, look for relationships between them and predict their needs. Companies use data from social networks and corporate portals to support customer interaction, solve marketing problems, business analytics, information security and to manage employee competencies. The public sector analyzes media materials to identify citizens' interest in certain government events, and also analyzes information from social networks to identify possible fraudulent and terrorist groups. For example, the US National Security Agency uses electronic surveillance and social media pattern-finding programs to generate data needed to predict areas where crimes and terrorist attacks are most likely to occur. There may be users on a social network with suspiciously high activity, or their behavior may differ significantly in some respects. The simplest example is mass spam, viral marketing. However, the content of these messages may also

contain links that carry a hidden threat. Such “activists” need to be neutralized in a timely manner. Similar methods of data analysis and search for patterns are called Social Mining [5].

Using Social Mining mechanisms, you can find non-trivial and, at first glance, non-obvious patterns in large volumes of information. But to do this, the analysis system must first be trained on what to look for. This requires summarizing past experiences and collecting as much data as possible. The more information the Social Mining system receives for initial training, the higher the reliability of the analysis will be. The most commonly used tool for analysis and visualization in this field is a graph, in which the nodes are people or groups, and the arcs show the relationships and flows of information between them [3].

### **Discussion of research results**

The functions of applications designed for analyzing social network data include collecting and accumulating information, modeling the network and its distribution, analyzing the characteristics and behavior of users, their interactions based on location, as well as predicting connections and analyzing objects. Examples of such services for collecting and analyzing data from social networks are:

- FindFace is a Russian web service that helps you find people on the VKontakte social network by their facial photo;
- Publer web service, designed to monitor advertisements and analyze communities on VKontakte, Odnoklassniki and Instagram;
- Pepper.ninja is a social media targeting or audience targeting service. Pepper parses the VKontakte audience using advanced algorithms. It can collect users based on several dozen characteristics: age, gender, geolocation, marital status, place of study and work, what kind of activity they showed, interests and much more;
- Cerebro Target is a service through which access is provided to attract customers using retargeting (retargeting) them from the social network – Vkontakte. Thanks to its use, opportunities are provided for selecting a suitable audience;
- Popsters – a service for analyzing publications in social network communities;
- LiveDune is the largest analytics service that allows you to analyze your own profile and competitors’ accounts, provides reports in pdf files, Excel and Google presentations [6-12].

In order to effectively organize the search for knowledge necessary to support decision-making in analytical systems, the most effective approach is to implement complex DM projects with deep integration of analytical tools into work processes.

6 groups of Data Mining tools are suitable for these requirements: DM Tools (DMFT – Data Mining Field Tools) – these tools are aimed at a special application area. Business Intelligence Tools (DMBT – Data Mining Business Tools) – are not focused on working with Data Mining tasks, but support intelligent data processing methods (for example, clustering algorithms, classifications for business analysis). DM Tools (RDMT – Research Data Mining Tools) – these tools are used to develop new experimental algorithms and methods for intelligent data mining. Mathematical packages (DMMP – Data Mining Mat Package) – these packages were not oriented for Data Mining, but they contain a huge number of algorithms and methods that allow for data mining functions [2]. DM Tools (SDMT – Specialties Data Mining Tools) – these tools are used for certain types or methods of intelligent data processing. Integration packages (IDMT – Integration Data Mining Tool) are sets of algorithms that form either separate software tools or expansion packs. “Sets” of intelligent data processing (DMST – Data Mining Suite Tools) – support a range of algorithms and methods of intelligent data processing. They are focused on working with various data (multidimensional data, structured data and unstructured data).

For a more accessible perception of this information, Table 1 is made, in which a comparative analysis of intelligent data processing tools for the implementation of analytical DM projects is performed [7].

Analytics services simplify work and increase opportunities on social networks. However, the problem remains obtaining reliable information about the user and identifying the intensity of interaction on the network, as well as processing a large amount of data.



Table 1 – Comparative characteristics of DM tools

DM Tools	Export/Import	Client-server support	Availability of reports	Support for various algorithms	GUI	Visualization
DMFT	yes	no	no	no	yes	yes
DMBT	yes	yes	yes	no	yes	no
RDMT	no	no	no	yes	no	no
DMMP	yes	no	no	yes	no	no
SDMT	yes	no	no	no	yes	yes
IDMP	no	no	no	yes	yes	no
DMST	yes	yes	yes	yes	yes	yes

## Conclusions

Social network analysis provides an effective system for discovering and interpreting online social connections. These are examined using a range of analytical techniques, ranging from simple centrality measures to sophisticated multilevel modeling.

Using graph analysis in social networks, one can draw interesting and non-obvious conclusions: which objects are most effective in disseminating information, which objects of network groups generate the main traffic between other groups, which groups of objects are isolated from the network, etc. These findings can be useful in various fields: Internet, marketing, security, advertising, network optimization, corporate psychology. A special area of application of social network analytics services is the study of the interaction and behavior of adolescent children on social networks.

## References

1. Analyzing Social Networks to Mine Important Friends / K.-S. Carson Leung, J. Irish, M. Medina, K. Syed // *Social Media Mining and Social Network Analysis: Emerging Research*. University of Manitoba, Canada. – 2013. – R. 15. DOI: 10.4018/978-1-4666-2806-9.ch006.
2. Интеллектуал'nyi analiz dannykh. Data Mining [Ehlektronnyi resurs] URL: [https://studref.com/384541/informatika/intellektualnyy\\_analiz\\_dannyh\\_data\\_mining\\_text\\_mining\\_mining\\_primenenie\\_tsifrovom\\_biznese\\_poiskovyeh#478](https://studref.com/384541/informatika/intellektualnyy_analiz_dannyh_data_mining_text_mining_mining_primenenie_tsifrovom_biznese_poiskovyeh#478).
3. Social Mining: personification of offers on social networks [Ehlektronnyi resurs] URL: <https://basegroup.ru/community/articles/customization>.
4. Social media mining [Ehlektronnyi resurs] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_media\\_mining](https://en.wikipedia.org/wiki/Social_media_mining).
5. Analiz informatsii o pol'zovatelyakh s pomoshch'yu mekhanizmov Social Mining [Ehlektronnyi resurs] URL: <https://www.jetinfo.ru/social-mining-analiz-dannykh-o-homo-socialis/>.
6. Instrumenty dlya analitiki [Ehlektronnyi resurs] URL: <https://vc.ru/marketing/278203-obzor-11-servisov-dlya-analitiki-instagram-akkaunta>.
7. Mulyukova K.V. Comparative analysis of modern Data Mining tools / K.V. Mulyukova // *Young scientist*. – 2019. – № 1(239). – P. 19-21. — URL: <https://moluch.ru/archive/239/55393/> (date of access: 03/17/2024).
7. Burko R.A. Social networks in modern society / R.A. Burko, T.V. Tereshina // *Young scientist*. – 2014. – № 7(66). – P. 607-608. – URL: <https://moluch.ru/archive/66/11009/> (access date: 25.01.2024).
8. Soldatova G.V. Transformatsiya lichnosti podrostka v tsifrovom mire: tsifrovaya sotsializatsiya i onlain-riski / G.V. Soldatova. Moskva, 2018. – 92 s.
9. Kir'yakova N.A. Vliyanie sotsial'nykh setei na razvitie kommunikativnykh sposobnostei podrostkov / N.A. Kir'yakova // *Nauchno-metodicheskii ehlektronnyi zhurnal «Kontsept»*. – 2017. – T. 29. – s. 161-168.
10. Martyshkin A.I. Modeli i sredstva sbora i predstavleniya informatsii iz otkrytykh sotsial'nykh setei dlya ispol'zovaniya v sistemakh prinyatiya reshenii / A.I. Martyshkin, D.V. Pashchenko, Penza: Izd-vo Penz. gos. tekhnol. un-ta, 2019. – 196 s.
11. Analiz sotsial'nykh setei: metody i prilozheniya / A. Korshunov, I. Beloborodov, N. Buzun i dr. // *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN*. – 2014. – T. 26, № 1. – S. 439-456.
12. Batrinca B. Social media analytics: A survey of techniques, tools and platforms / B. Batrinca, P. Treleven // *AI & SOCIETY*. – 2014. – № 30(1). – R. 89-116. DOI:10.1007/s00146-014-0549-4.

**К.У. Зенкович, Т.С. Жылқыбаев\*, С.Б. Кайсанов, Т.А. Устинова**  
Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
\*e-mail: zhitosya@mail.ru

## **ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ SOCIAL MINING ИЗ ОТКРЫТЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

*Появление веб-сообществ и сайтов социальных сетей привело к появлению огромного объема данных социальных сетей, в которые встроены богатые наборы значимых знаний о социальных сетях. Анализ социальных сетей и исследования социальных структур с помощью сетей и теории графов помогают найти систематический метод или процесс для исследования социальных сетей. В статье раскрыто понятие интеллектуального анализа социальных сетей. Ключевым аспектом статьи является применение результатов анализа социальных сетей для различных отраслей человеческой деятельности.*

*Описываются преимущества использования Social Mining для выявления закономерностей в больших данных. С помощью механизмов Social Mining можно находить нетривиальные и, на первый взгляд, неочевидные закономерности в больших объемах информации. В статье приведены примеры программного обеспечения, с помощью которого возможно осуществить быстрый сбор и анализ данных из социальных сетей. Сервисы аналитики упрощают работу и увеличивают возможности в социальных сетях. Анализ социальных сетей представляет собой эффективную систему для обнаружения и интерпретации общественных онлайн-связей.*

*Аналитика социальных сетей выходит за рамки подсчета лайков, репостов и переходов по ссылкам. Это комплексный глубокий анализ данных, помогающий понять, что привлекает больше внимания или чем руководствуются пользователи, обращающиеся к бренду через соцсети.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, социальные сети, большие данные, сбор данных, веб-сообщества.

**К.У. Зенкович, Т.С. Жылқыбаев\*, С.Б. Кайсанов, Т.А. Устинова**  
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А  
\*e-mail: zhitosya@mail.ru

## **АШЫҚ ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕН SOCIAL MINING НӘТИЖЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ**

*Веб-негізделген қауымдастықтар мен әлеуметтік желі сайттарының пайда болуы маңызды әлеуметтік медиа білімдерінің бай жиынтығымен ендірілген әлеуметтік желі деректерінің үлкен көлеміне әкелді. Әлеуметтік желілерді талдау және әлеуметтік құрылымдарды желілер мен графикалық теорияны қолдану арқылы зерттеу әлеуметтік желілерді зерттеудің жүйелі әдісін немесе процесін табуға көмектеседі. Мақалада әлеуметтік желілерді интеллектуалды талдау тұжырымдамасы ашылады. Мақаланың негізгі аспектісі – әлеуметтік желіні талдау нәтижелерін адам қызметінің әртүрлі салаларына қолдану.*

*Үлкен деректердегі үлгілерді анықтау үшін Social Mining пайдаланудың артықшылықтарын сипаттайды. Social Mining тетіктерін пайдалана отырып, ақпараттың үлкен көлемінен тривиальды емес және бір қарағанда айқын емес үлгілерді табуға болады. Мақалада әлеуметтік желілердегі деректерді жылдам жинау және талдау үшін пайдалануға болатын бағдарламалық жасақтаманың мысалдары келтірілген. Аналитикалық қызметтер жұмысты жеңілдетеді және әлеуметтік желілердегі мүмкіндіктерді арттырады. Әлеуметтік желіні талдау желідегі әлеуметтік байланыстарды табу және түсіндірудің тиімді жүйесін қамтамасыз етеді.*

*Әлеуметтік медиа аналитикасы ұнатуларды, бөлісулерді және сілтемелерді санаудан асып түседі. Бұл әлеуметтік желілер арқылы брендке жүгінетін пайдаланушылардың не көбірек назар аударатынын немесе нені басшылыққа алатынын түсінуге көмектесетін деректерді жан-жақты терең талдау.*

**Түйін сөздер:** деректерді іздеу, әлеуметтік желілер, үлкен деректер, деректерді жинау, веб-қауымдастықтар.

### **Information about the authors**

**Kulken Zenkovich** – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department «Automatization, Information Technology and Urban Planning»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kulken\_@mail.ru

**Tursynkhan Zhykybayev\*** – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department «Automatization, Information Technology and Urban Planning»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhitosya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>.

**Tatyana Ustinova** – master, lecturer of the Department «Automatization, Information Technology and Urban Planning»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [ustinova-t-a@yandex.ru](mailto:ustinova-t-a@yandex.ru)

**Sovetkazy Kaysanov** – lecturer of the Department «Automatization, Information Technology and Urban Planning»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [kaisanov@mail.ru](mailto:kaisanov@mail.ru)

#### Сведения об авторах

**Кулькен Уалиевна Зенкович** – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [kulken\\_@mail.ru](mailto:kulken_@mail.ru)

**Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев\*** – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [zhitosya@mail.ru](mailto:zhitosya@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>.

**Татьяна Анатольевна Устинова** – магистр, преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [ustinova-t-a@yandex.ru](mailto:ustinova-t-a@yandex.ru)

**Советказы Бекенович Кайсанов** – преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [kaisanov@mail.ru](mailto:kaisanov@mail.ru)

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Кулькен Уалиевна Зенкович** – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [kulken\\_@mail.ru](mailto:kulken_@mail.ru)

**Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев\*** – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [zhitosya@mail.ru](mailto:zhitosya@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>

**Татьяна Анатольевна Устинова** – магистрі, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [ustinova-t-a@yandex.ru](mailto:ustinova-t-a@yandex.ru)

**Советказы Бекенович Кайсанов** – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [kaisanov@mail.ru](mailto:kaisanov@mail.ru)

Received 05.03.2024

Revised 26.03.2024

Accepted 27.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-2

МРНТИ: 50.43.15



**А.Д. Золотов\*, Ә.Е. Уалиев, Е.А. Оспанов, А. Рихарт**  
Университет имени Шакарима г. Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А  
\*e-mail: [azol64@mail.ru](mailto:azol64@mail.ru)

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ

**Аннотация:** Вода – важнейший ресурс жизни Человека и всех живых организмов. Автоматизация водоснабжения – это управление и отслеживание водопользования и контроль воды в разных местах. Данная автоматизированная система управления водоснабжением городских территорий может быть использована для равномерного распределения воды их суточного потребления и мониторинга водонакопителей для снижения потерь воды путем оценки

расхода воды, уровня воды. Все эти рабочие операции связаны программируемым интерфейсом контроллера (PIC) с сообщением о задержке через модуль GSM и облегчают управление процессом. При проектировании системы водоснабжения любого объекта в первую очередь необходимо определить, какое количество воды и какого качества необходимо подавать на этот объект. Для решения этой проблемы необходимо максимально полно учесть всех возможных потребителей воды и установить их требования к количеству и качеству подаваемой воды [1].

Статья исследует вопросы автоматизации и управления системой водоснабжения в жилом комплексе. Рассматриваются современные технологии и подходы к автоматизации процессов контроля и распределения воды в жилых зданиях и комплексах. Особое внимание уделяется использованию смарт-систем для мониторинга и управления расходом воды, обеспечивая оптимальное потребление, снижение потерь и улучшение эффективности. Автоматизация водоснабжения не только способствует экономии ресурсов, но и повышает удобство и безопасность для жителей. В статье также рассматриваются примеры успешной реализации автоматизированных систем в различных жилых комплексах и перспективы их развития в будущем.

**Ключевые слова:** микроконтроллер PIC; датчик уровня воды; реле; погружной насос; модуль GSM.

## Введение

Диспетчерские процессы работы водоканалов обеспечивают управление системами водоснабжения и водоотведения, а также составляют основу формирования единой информационно-управляющей системы, что позволяет снизить энергопотребление систем и повысить их надежность. Центральный диспетчерский центр представляет собой единый технологический процесс нескольких подразделений – это центральный контроль и управление объектами водоснабжения и водоотведения присоединенного, обозначенного объекта [2]. Обмен информацией между объектами управления, расположенными на расстоянии от подразделения, осуществляется по каналам связи. Каналами связи могут быть специальные кабели управления, телефонные пары проводов, а также радиоканалы. Особенностью городских систем водоснабжения является значительное расстояние между объектами. Водоснабжение – подготовка, транспортировка и подача питьевой или технической воды абонентам, использующим централизованные или децентрализованные системы холодного водоснабжения (ХВС) или подготовка горячей воды абонентам, использующим централизованные или децентрализованные системы горячего водоснабжения (горячее водоснабжение), транспортировка и передача [3].

Диспетчерская система обеспечивает водозабор, водоподготовку, водоснабжение и водораспределение среди потребителей. Дежурный диспетчер подает из диспетчерской в необходимые подразделения следующие команды [4]:

1. Остановка или запуск насосной установки;
2. Мониторинг открытия или закрытия клапанов;
3. Мониторинг аварийных работ в сетях и сооружениях;
4. Контроль за правильностью работы средств диспетчерского управления водными и коммунальными объектами;
5. Добавление фильтра и т.д.

Рассматриваемый в статье диспетчерский центр состоит из следующих помещений: письменного стола с пультами управления и компьютера диспетчера, аппаратной со штативами, реле, выпрямителями, зарядно-разрядными щитками, аккумуляторной батареей, контрольно-ремонтной мастерской с оборудованием. и персонал, подсобные помещения [5].

Основные услуги Центрального диспетчерского центра будут расширены следующим образом:

1. Централизованный контроль параметров технологических процессов;
2. Дистанционное управление объектами в режиме реального времени;
3. Отображение городских объектов водоснабжения и водоотведения на карте города с адресными данными и предоставлением основной технологической информации о работе объектов;
4. Прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций, связанных с использованием оборудования;

5. Оперативное реагирование на несанкционированный доступ к объектам;
6. Формирование и печать различных отчетов;
7. Коммерческий учет подаваемой воды и электроэнергии;
8. Повышение безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды.

При проектировании системы водоснабжения любого объекта в первую очередь необходимо определить, какое количество воды и какого качества необходимо подавать на этот объект [6]. Для решения этой проблемы необходимо максимально полно учесть всех возможных потребителей воды и установить их требования к количеству и качеству подаваемой воды.

Вода потребляется разными потребителями для разных нужд. Однако подавляющее большинство этих затрат можно сгруппировать в три основные категории [7].

1. Потребление воды для хозяйственно-бытовых (бытовых) нужд населения. Сюда входят все расходы на воду, связанные с повседневной жизнью людей: питье, приготовление пищи, стирка, поддержание чистоты жилья и т. д. К этой категории можно отнести все расходы на воду, необходимые для обеспечения городского или сельского развития: орошение улиц, зеленых насаждений и т.д.

2. Промышленность, транспорт, энергетика, сельское хозяйство и т.д. потребление воды для промышленных (технических) целей на предприятиях (испарение, охлаждение, конденсация пара, производство различной продукции, мойка продукции и т.п.).

3. Расход воды на пожаротушение [8]. Кроме того, вода используется для индивидуальных нужд системы водоснабжения (промывка фильтров, водоприемников, сетей и т.д.).

Требования к качеству воды варьируются в зависимости от характера ее использования. Таким образом, вода, используемая для удовлетворения питьевых потребностей населения, в первую очередь подчиняется требованиям санитарно-гигиенического порядка. Вода должна быть чистой, прозрачной, без запаха и вкуса [9].

У разных промышленных потребителей совершенно разные требования к качеству используемой воды. Например, пищевая промышленность требует питьевой воды; паровые котлы водоснабжения должны иметь минимальную минерализацию; железо и т.д. в воде, используемой в текстильной промышленности. не должно быть. Качество воды существует ряд промышленных потребителей, у которых есть потребности, которые не могут быть удовлетворены никаким природным источником.

Крупными промышленными потребителями воды являются тепловые электростанции, металлургические и нефтеперерабатывающие заводы, которые используют воду для охлаждения (конденсация пара, охлаждение промышленных объектов). Эти потребители обычно не предъявляют высоких требований к качеству воды. Для третьей категории водопользования – пожаротушения – может использоваться вода практически любого качества.

### **Методы исследования**

В методе интерполяции мы создаем модель на основе простой структуры поверхности: поверхность при ступенчатой интерполяции, поверхность при билинейной интерполяции и поверхность при сплайн-интерполяции в зависимости от изменения значения заданного сигнала [10].

### **Результаты исследований**

Если  $S(t)$  – сигнал, передаваемый датчиком уровня и давления воды, если временной интервал равен  $T$  в любой момент времени, уравнение можно представить следующим образом.

$$S(m) = C(m+T) \quad (1)$$

Условие периодичности общего вида:  $S(t) = S(t + nT)$ , где  $n$  – высота водного канала [4].

$S(t) = A \cos(\omega t + \Phi)$  По времени в выражении в первую очередь учитывается сигнал, передаваемый датчиком уровня,  $\cos\theta$ ,  $\sin\theta$ , период  $3\pi$ .

$$\omega T = 3\pi \quad (2)$$

$$A = A_{\cos\Phi}, b = -A_{\phi} \quad (3)$$

выражения амплитуды и фазы можно получить с помощью коэффициентов из выражения:

$$A = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (4)$$

Это позволяет найти амплитудный и фазовый спектры из выражения 10 с использованием коэффициентов Фурье [11].

Если анализировать с помощью программы сигналы, передаваемые датчиком давления, то в первую очередь рассмотрим реализацию двухлинейной интерполяции на конкретном примере. Мы описываем некоторую изогнутую поверхность с соотношением сторон, как показано на рисунке ниже.

```
clear; clc; % Очистка Workspace и Command Window
[x,y]=meshgrid(-1:-0.5:0:0.5,-0.5,0:0.5); % Описание
% координат узлов сетки, по которым строится поверхность
z=sin(3*pi*x).*cos(1.7*pi*y).*y.*(1-y); % Расчет координат z
subplot(1); % Создать графический окно по основанием подаваемым
% сигналом датчика давления
surf(x,y,z) % Визуализация поверхности (без интерполяции)
title('Поверхность без интерполяции') % Заголовок к графику
subplot(2); % Создать графический окно по задаваему сигналу на основе
% датчика уровня
surf(x,y,z);
shading interp % Вилинейная интерполяция поверхности
title('Интерполированная поверхность') % Заголовок к графику
```

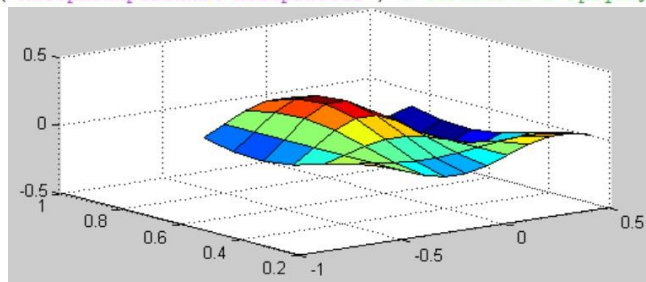


Рисунок 1 – Страница без интерполяции

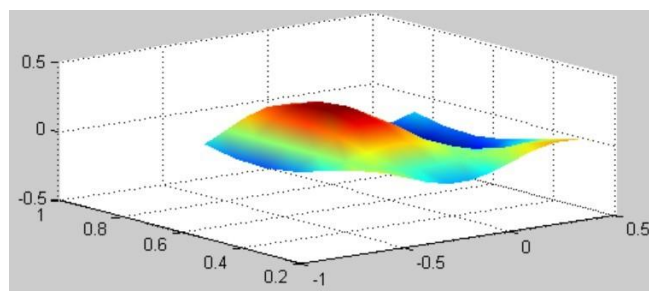


Рисунок 2 – Интерполированные ссылки на страницы

## Заключение

В статье проведен анализ системы водоснабжения жилого комплекса, использованы цифровые электронные устройства в автоматике, контрольно-измерительные приборы и средства измерений, то есть программно-логический контроллер (SIMATIC S 7 – 1500), использовался датчик уровня воды, датчик давления воды, датчики температуры воды, расхода. С помощью датчиков уровня и давления воды анализировались график и амплитудно-частотные характеристики теплового процесса MATLAB. Сравнивались переменные частоты сигналов, передаваемых датчиками, по результатам анализа результаты датчика давления воды точные, используются современные цифровые электронные устройства.

В заключении статьи подчеркивается значимость внедрения систем автоматизации и управления водоснабжением в жилых комплексах. Они представляют собой не только средство оптимизации расхода воды, но и ключевой элемент обеспечения комфорта, эффективности и экологической устойчивости жилищного сектора. Автоматизация позволяет снизить нагрузку на ресурсы, минимизировать потери воды и обеспечить надежное и безопасное водоснабжение для жильцов.

### Список литературы

1. Рульнов А.А. Системы автоматизации водоснабжения и водоотведения: учеб. для вузов / А.А. Рульнов, К.Ю. Евстафьев. – М.: Инфра-М, 2007. – 204 с.
2. Erulanova A. Expert System for Assessing the Efficiency of Information Security / A. Erulanova et al // 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2020). – 2020. – P. 355-357.
3. Смирнов Д.Н. Автоматическое регулирование процессов очистки природных и сточных вод : учеб. пособие / Д.Н. Смирнов. – М.: Стройиздат, 1986. – 312 с.
4. Erulanova A. Expert System for Assessing the Efficiency of Information Security / A. Erulanova et al // 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2020). – 2020. – P. 365-376.
5. Автоматизация и управление системами водоснабжения и водоотведения : Сб. науч. тр. / ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии; [Редкол.: Д. Н. Смирнов (отв. науч. ред.) и др.]. – Москва: ВНИИ ВОДГЕО, 1986. – 119 с.
6. Лебедев П.Н. Технологии автоматизации водоснабжения жилых комплексов / П.Н. Лебедев // Политехнический университет. – 2010.
7. Шумилкин, В.Г. Современные методы управления системами водоснабжения / В.Г. Шумилкин – КПИ, 2012.
8. Амиранашвили А.В. Автоматизация систем управления технологическими процессами / А.В. Амиранашвили, И.А. Соболев, А.О. Титов. – Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.
9. Котов В.П. Автоматизация систем водоснабжения и канализации / В.П. Котов, И.И. Селиверстов, В.Л. Акулич. – Санкт-Петербург, Издательство «БХВ-Санкт-Петербург», 2016.
10. Баранов В.Г. Системы автоматизации водоснабжения и канализации / В.Г. Баранов, Н.С. Галкина, А.П. Кушнир Киев, Издательство «Техника», 2017.
11. Головачев А.А. Управление системами водоснабжения и канализации / А.А. Головачев, С.С. Морозов, Д.И. Попков. – Москва, Издательство «Терра-Спорт», 2019.

### References

1. Rul'nov A.A. Sistemy avtomatizatsii vodosnabzheniya i vodootvedeniya: ucheb. dlya vuzov / A.A. Rul'nov, K.YU. Evstaf'ev. – M.: Infra-M, 2007. – 204 s. (In Russian).
2. Erulanova A. Expert System for Assessing the Efficiency of Information Security / A. Erulanova et al // 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2020)/ – 2020. – R. 355-357. (In English).
3. Smirnov D.N. Avtomaticheskoe regulirovanie protsessov ochistki prirodnykh i stochnykh vod : ucheb. posobie / D.N. Smirnov. – M.: Stroizdat, 1986. – 312 s. (In Russian).
4. Erulanova A. Expert System for Assessing the Efficiency of Information Security / A. Erulanova et al // 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2020)/ – 2020. – R. 365-376. (In English).
5. Avtomatizatsiya i upravlenie sistemami vodosnabzheniya i vodootvedeniya: Sb. nauch. tr. / VNIi vodosnabzheniya, kanalizatsii, gidrotekhn. sooruzhenii i inzh. gidrogeologii; [Redkol.: D.N. Smirnov (otv. nauch. red.) i dr.]. – Moskva: VNIi VODGEO, 1986. – 119 s. (In Russian).
6. Lebedev P.N. Tekhnologii avtomatizatsii vodosnabzheniya zhilykh kompleksov / P.N. Lebedev // Politekhnikeskii universitet, 2010. (In Russian).
7. Shumilkin, V.G. Sovremennye metody upravleniya sistemami vodosnabzheniya / V.G. Shumilkin – KPI, 2012. (In Russian).
8. Amiranashvili A.V. Avtomatizatsiya sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami / A.V. Amiranashvili, I.A. Sobolev, A.O. Titov. – Moskva, Izdatel'stvo MGTU im. N.EH. Baumana, 2015. (In Russian).

9. Kotov V.P. Avtomatizatsiya sistem vodosnabzheniya i kanalizatsii / V.P. Kotov, I.I. Seliverstov, V.L. Akulich. – Sankt-Peterburg, Izdatel'stvo «BKHV-Sankt-PeterburG», 2016. (In Russian).
10. Baranov V.G. Sistemy avtomatizatsii vodosnabzheniya i kanalizatsii / V.G. Baranov, N.S. Galkina, A.P. Kushnir Kiev, Izdatel'stvo «Tekhnika», 2017. (In Russian).
11. Golovachev A.A. Upravlenie sistemami vodosnabzheniya i kanalizatsii / A.A. Golovachev, S.S. Morozov, D.I. Popkov. – Moskva, Izdatel'stvo «Terra-SporT», 2019. (In Russian).

**А.Д. Золотов\*, Ә.Е. Уалиев, Е.А. Оспанов, А. Рихарт**  
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А  
\*e-mail: azol64@mail.ru

### **ТҰРҒЫН ҮЙ КЕШЕНІНДЕГІ СУ ЖҮЙЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ**

*Су адам өмірі мен барлық тірі ағзалар үшін ең маңызды ресурс болып табылады. Суды автоматтандыру – суды пайдалануды басқару және қадағалау және әртүрлі жерлерде суды бақылау. Қалалық елді мекендерге арналған сумен жабдықтауды басқарудың автоматтандырылған жүйесі суды күнделікті тұтыну үшін біркелкі бөлу және су шығыны мен су деңгейін бағалау арқылы су ысыраптарын азайту үшін су сақтайтын резервуарларды бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Барлық осы операциялық қадамдар GSM модулі арқылы кешіктіру байланысы бар бағдарламаланатын интерфейс контроллерімен (PIC) байланыстырылған және процесті басқаруды жеңілдетеді. Кез келген нысанның сумен жабдықтау жүйесін жобалағанда, ең алдымен, осы нысанға қанша су және қандай сапада берілуі тиіс екенін анықтау қажет. Бұл мәселені шешу үшін барлық мүмкін болатын су тұтынушыларын барынша толық есепке алу және олардың жеткізілетін судың саны мен сапасына қойылатын талаптарын белгілеу қажет.*

*Мақалада тұрғын үй кешеніндегі сумен жабдықтау жүйесін автоматтандыру және басқару мәселелері қарастырылған. Тұрғын үйлер мен кешендердегі суды басқару және бөлу процестерін автоматтандырудың заманауи технологиялары мен тәсілдері қарастырылған. Суды тұтынуды бақылау және басқару, оңтайлы тұтынуды қамтамасыз ету, ысыраптарды азайту және тиімділікті арттыру үшін смарт жүйелерді пайдалануға ерекше назар аударылады. Сумен жабдықтауды автоматтандыру ресурстарды үнемдеуге көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар тұрғындардың ыңғайлылығы мен қауіпсіздігін арттырады. Сондай-ақ мақалада әртүрлі тұрғын үй кешендерінде автоматтандырылған жүйелерді сәтті енгізу мысалдары және олардың болашақта даму перспективалары талқыланады.*

**Түйін сөздер:** PIC микроконтроллері; су деңгейінің сенсоры; реле; суасты сорғы; GSM модулі.

**A.D. Zolotov\*, A.E. Ualiev, E.A. Ospanov, A. Richart**  
Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey K., Glinka Street, 20 A  
\*e-mail: azol64@mail.ru

### **AUTOMATION AND CONTROL OF THE WATER SUPPLY SYSTEM IN A RESIDENTIAL COMPLEX**

*Water is the most important resource for human life and all living organisms. Water automation is the management and tracking of water use and control of water in different places. This automated water supply management system for urban areas can be used to uniformly distribute water for their daily consumption and monitor water storage tanks to reduce water losses by estimating water consumption and water level. All these operating steps are linked by a programmable interface controller (PIC) with delay communication via the GSM module and facilitate process control. When designing a water supply system for any facility, it is first necessary to determine how much water and what quality must be supplied to this facility. To solve this problem, it is necessary to take into account as fully as possible all possible water consumers and establish their requirements for the quantity and quality of supplied water.*

*The article explores the issues of automation and control of the water supply system in a residential complex. Modern technologies and approaches to automating the processes of control and distribution of water in residential buildings and complexes are considered. Particular emphasis is placed on the use of smart systems to monitor and manage water consumption, ensuring optimal consumption, reducing losses and improving efficiency. Automation of water supply not only helps save resources, but also increases convenience and safety for residents. The article also discusses examples of successful implementation of automated systems in various residential complexes and prospects for their development in the future.*

**Key words:** PIC microcontroller; water level sensor; relay; submersible pump; GSM module.



### Сведения об авторах

**Александр Дмитриевич Золотов** – кандидат технических наук кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: azol64@mail.ru

**Әкежан Ержанұлы Уалиев** – магистрант кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: boss.hgff@mail.ru

**Ербол Амангазович Оспанов** – ассоциированный профессор кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство», доктор философии PhD, НАО «Университет имени Шакарима города Семей», г. Семей, Казахстан; e-mail: 78oea@mail.ru

**Артур Рихарт** – студент группы АУ 101 кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: rihartartur24@gmail.com

### Авторлар туралы мәліметтер

**Александр Дмитриевич Золотов** – «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының техника ғылымдарының кандидаты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: azol64@mail.ru.

**Әкежан Ержанұлы Уалиев** – «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: boss.hgff@mail.ru.

**Ербол Амангазович Оспанов** – «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей қ., Қазақстан; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Артур Рихарт** – «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының АУ 101 тобының студенті; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; E-mail: rihartartur24@gmail.com.

### Information about the authors

**Alexander Zolotov** – Candidate of Technical Sciences Department of Automation, Information Technology and Urban Planning, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: azol64@mail.ru.

**Akezhan Ualiyev** – master's student of the Department of Automation, Information Technology and Urban Planning, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: boss.hgff@mail.ru.

**Yerbol Ospanov** – Associate Professor of the Department of Automation, Information Technology and Urban Planning, Doctor of Philosophy PhD, Non-profit limited company «Semey University named after Shakarim, Semey, Kazakhstan; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Arthur Richard** – student of AU 101 group of the Department of Automation, Information Technology and Urban Planning; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: rihartartur24@gmail.com.

*Поступила в редакцию 29.04.2024  
Принята к публикации 10.05.2024*

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-3

МРНТИ: 50.05.17



**Б.М. Ильясов\*, Ж.М. Алимжанова**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71  
e-mail\*: bahalar49@gmail.com

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ЗАЩИТЫ ОТ DDOS АТАК

**Аннотация.** Это исследование исследует распределенную модель защиты от отказа в обслуживании (DDoS), фокусируясь на атаках flooding, когда злоумышленники перегружают сервер чрезмерными запросами, чтобы ухудшить его вычислительные возможности. В отличие от традиционных подходов, которые просто направлены на смягчение последствий DDoS-атак, в нашем исследовании особое внимание уделяется разработке надежных моделей защиты от таких

угроз. Мы представляем новую стратегию защиты, которая включает в себя алгоритмы ограничения скорости для контроля притока запросов, гарантируя, что только законный трафик достигнет сервера. Кроме того, мы исследуем фильтрацию пакетов на основе допустимых значений Time-To-Live (TTL) в сочетании с инновационными методами планирования пакетов, включая методологию First-Come, First-Served (FCFS) и Priority Queue, для повышения оперативности и эффективности работы сервера. Благодаря моделированию, наши результаты показывают значительное улучшение производительности сервера в условиях DDoS-атаки, о чем свидетельствует снижение скорости отбрасывания пакетов и улучшение времени отклика. Успешная реализация этих моделей защиты демонстрирует их потенциал в защите сетей от разрушительного воздействия DDoS-атак, предлагая перспективное направление для будущих исследований в области кибербезопасности.

**Ключевые слова:** DDoS-защита; флуд-атаки; ограничение скорости; TTL; планирование пакетов; кибербезопасность.

### Введение

DDoS-атаки более сложны, и их труднее предотвратить по сравнению с традиционными DoS-атаками. Поскольку в них задействовано множество невольных хостов, распознать атакующие хосты и отреагировать на них непросто. Рост числа компьютерных уязвимостей привел к увеличению числа, сложности и серьезности DDoS-атак, что позволяет злоумышленникам проникать на многие компьютеры и устанавливать средства атаки.

Беспроводные сети также подвержены DoS-атакам, поскольку мобильные устройства используют один и тот же физический носитель для передачи сигнала. Злоумышленник может подделать, модифицировать или внедрить пакеты, чтобы нарушить соединения между законными мобильными узлами, вызывая эффект DoS (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация DoS и DDoS атак

Тип атаки	Описание	Влияние на систему	Пример атаки
Информационный флуд	Злоумышленник отправляет огромное количество пакетов, перегружая ресурсы системы	Снижение производительности, недоступность дополнительных запросов	ICMP-флуд
Уровень сетевого устройства	Выявление и использование ошибок, существующих в сетевых устройствах	Снижение производительности сети, возможные сбои	SYN-флуд
Уровень операционной системы	Эксплуатация способов реализации протоколов операционной системы	Снижение производительности ОС, возможные сбои	TCP SYN Flooding
Атаки на основе приложений	Поддельные и вредоносные пакеты, замедляющие работу сервера, используя уязвимости приложений	Снижение производительности приложений, недоступность сервисов	HTTP-флуд
Атаки, основанные на особенностях протокола	Использование поддельных IP-адресов для сложного отслеживания источника атаки	Перегрузка сети, снижение производительности	Smurf-атака
Объемные атаки	Перегрузка пропускной способности сети огромным количеством трафика	Снижение пропускной способности, недоступность сети	DNS-атака
Переполнение буфера	Отправка большего объема данных, чем система может обработать, что приводит к сбоям	Критические отказы системы, сбои	Атака переполнения буфера

Поскольку в атаках участвует множество незаметных хостов, различить атакующие хосты и принять ответные меры затруднительно. Рост уязвимостей в компьютерных системах приводит к увеличению количества, сложности и тяжести DDoS-атак, позволяя

злоумышленникам взламывать множество компьютеров и устанавливать инструменты для атак (табл. 2, 3).

Таблица 2 – Статистика DoS и DDoS атак

Год	Количество атак	Средний объем трафика (Гбит/с)	Количество пострадавших компаний	Финансовые убытки (млн. \$)
2016	6200	600	60	650
2017	7800	900	85	750
2018	9200	1300	100	850
2019	11500	1500	120	980
2020	13000	1700	140	1100
2021	15000	2000	160	1250
2022	17500	2200	180	1400
2023	20000	2500	200	1600

Таблица 3 – Примеры известных DDoS атак

Год	Атака	Объем трафика (Гбит/с)	Пострадавшие организации	Влияние
2016	Mirai-ботнет	600	Dyn, OVH	Недоступность DNS-сервисов, перебои в работе
2018	GitHub DDoS атака	1300	GitHub	Перебои в работе сервисов, временная недоступность
2020	AWS DDoS атака	2300	Amazon Web Services (AWS)	Перебои в работе облачных сервисов
2022	Google Cloud DDoS атака	2600	Google Cloud	Перебои в работе сервисов, снижение производительности

Данные демонстрируют серьезность угрозы, которую представляют DoS и DDoS атаки, и подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и улучшения мер безопасности для защиты критически важных ресурсов и услуг.

### Методы и исследования

Для эффективной защиты от DoS-атак необходимо использовать различные методы, такие как:

- Мониторинг сети: внедрение инструментов мониторинга сети для обнаружения необычных паттернов трафика.
- Усиление безопасности протоколов: внедрение механизмов безопасности в сетевые протоколы для предотвращения их эксплуатации.
- Фильтрация трафика: настройка фильтров для блокировки подозрительного трафика и ограничения доступа к ресурсам для потенциальных атакующих.

SDN (Software-Defined Networking) имеет потенциал трансформировать сетевую архитектуру, обеспечивая большую гибкость и эффективное управление. Программируемый центральный контроллер предоставляет сетевым администраторам больше возможностей для управления, что позволяет осуществлять более плавный контроль. Однако централизация делает SDN уязвимой к различным атакам, среди которых особую угрозу представляют распределенные атаки типа "отказ в обслуживании" (DDoS).

Методы машинного обучения (ML), основанные на выборе функций, более эффективны, чем традиционные сигнатурные системы обнаружения вторжений (IDS), для выявления новых угроз в контексте защиты от DDoS-атак. В этом исследовании сравниваются NGBoost и четыре дополнительных алгоритма машинного обучения: сверточная нейронная сеть (CNN), стохастический градиентный спуск (SGD), дерево решений и случайный лес, чтобы оценить эффективность обнаружения DDoS на наборе данных CICDDoS2019. Основное внимание уделяется важным показателям, таким как F1-оценка, полнота, точность и аккуратность.

После разработки метода обнаружения атак и смягчения их последствий результаты тестируются и оцениваются. Оценка платформы включает в себя оценку различных алгоритмов ML и сравнение различных используемых моделей. В приведенной ниже таблице показана точность различных используемых моделей:

Из приведенной выше таблицы видно, что random forest обеспечивает наилучшую точность для классификации обычного и вредоносного трафика.

Чтобы оценить производительность модели, был проведен тест с помощью процесса классификации онлайн-трафика и предотвращения атак. Для предотвращения атак были установлены правила брандмауэра, блокирующие обнаруженные атаки. Таким образом, для каждого потока, обнаруженного как вредоносный, устанавливается правило брандмауэра, блокирующее Ethernet-адрес, с которого запускается атака. Реализуется код на Python для сгенерированного прототипа, а затем обычный трафик генерируется в качестве фонового трафика и обнаруживается DDoS-атака.

### Результаты исследований

В этой работе алгоритм машинного обучения random forest используется для разработки модели, которая может автоматически идентифицировать и предотвращать DDoS-атаки в сетях SDN. Все записи о потоках трафика регулярно собираются моделью, которая затем извлекает собственные функции потока и расширяет их, включая дополнительные функции. Модуль обнаружения использует пять критериев, чтобы классифицировать каждый поток как нормальный или аномальный.

Наш метод извлечения характеристик трафика учитывает уровень данных в целом. Мы используем простую сетевую архитектуру всего с двумя коммутаторами для моделирования входных и выходных шлюзов. В этой смоделированной тестовой сети один хост управляет задачей отправки пакетов со всех входящих адресов, устраняя необходимость в отдельном хосте для каждого адреса. Таким образом, в нашей сети используются только два виртуальных хоста: один для входящего трафика, а другой для исходящего. На рисунке 4 показана архитектура нашей тестовой сети.

Мы внедрили бинарные классификаторы, используя три метода, и протестировали их с помощью набора данных KDD-CUP99. Классификаторы были обучены на 40% набора данных, в то время как остальные данные были использованы для создания имитационных пакетов для тестирования.

Набор данных KDD-CUP99 не содержит адресной информации, что делает невозможным непосредственное создание пакетов с адресами. Однако он содержит флаги, указывающие на связь между пакетами и окнами. Мы предварительно обработали набор данных, разделив пакеты внутри одних и тех же окон и назначив поддельные адреса для каждого окна, что хорошо сработало в наших тестах.

Наш двоичный классификатор выдает логические выходные данные. Показатели оценки определяются следующим образом:

- Истинно положительные (TP). Правильно предсказанные положительные случаи.
- Истинно отрицательные (TN). Правильно предсказанные отрицательные случаи.
- Ложноположительные результаты (FP). Неверно предсказанные положительные случаи.
- Ложноотрицательные результаты (FN): Неверно предсказанные отрицательные случаи.

На основе этих определений получены следующие формулы для показателей оценки:

Точность: доля правильно классифицированных случаев (рис. 1).

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

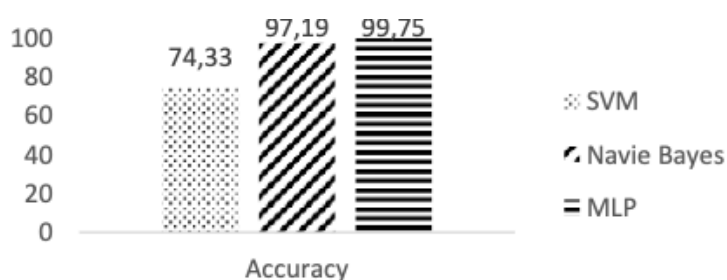


Рисунок 1 – Аккуратность

Точность: доля правильно классифицированных положительных сообщений от общего числа, классифицированных как положительные. Более высокое значение указывает на меньшее количество обычных пакетов, ошибочно классифицированных как атаки (рис. 2).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

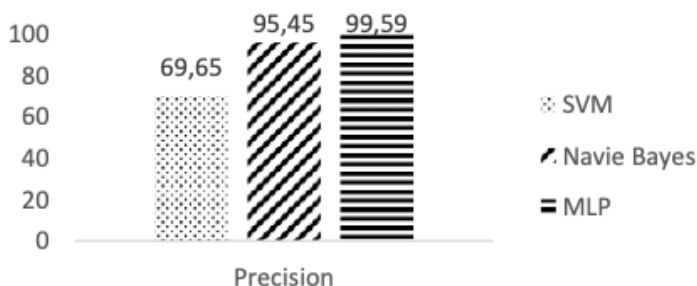


Рисунок 2 – Точность

Напомним: доля правильно классифицированных случаев срабатывания от общего числа реальных случаев срабатывания. Этот показатель имеет решающее значение, поскольку любой необнаруженный атакующий трафик может быть фатальным для сети (рис. 3).

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Рисунок 3 – Формула Recall

Оценка F1: гармоничное среднее значение точности и запоминания, обеспечивающее сбалансированную оценку (рис. 4).

$$\text{F1 Score} = \frac{2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

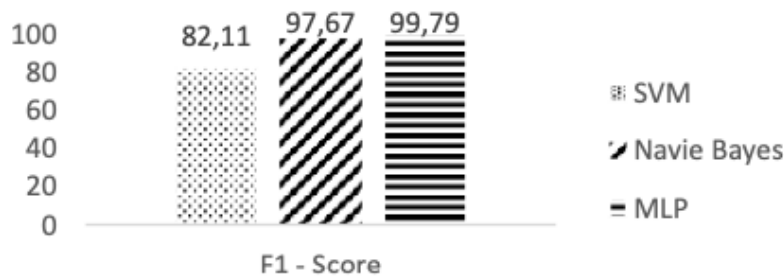


Рисунок 4 – F1 – оценка

Мы протестировали модели с использованием набора данных KDD-CUP 99, и результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица путаницы

Алгоритм	Аккуратность	Точность	Отзыв	F1 Score
Дерево решений	0,97520	0,97531	0,96217	0,96864
Случайный лес	0,97791	0,97791	0,95877	0,96824
Глубокая нейронная сеть (DNN)	0,99721	0,99715	0,99662	0,99689

Наши результаты тестирования на наборе данных KDD-CUP 99 являются удовлетворительными: все три алгоритма машинного обучения достигли показателей оценки выше 0,95. Такое указывает на высокий уровень достоверности при обнаружении DDoS-атак.

В частности, алгоритмы Деревя решений и случайного леса показали схожую производительность, в то время как DNN превзошел их с показателями выше 0,99.

Обычный поток трафика генерировался с использованием протоколов ICMP, TCP и UDP. Инструмент Iperf использовался для создания и измерения пропускной способности потоков данных TCP и UDP. UDP-трафик генерировался в течение 300 секунд с помощью команды `iperf -u -c server1 -t 300`. Аналогичным образом TCP-трафик генерировался в течение 300 секунд с помощью команды `iperf -c server1 -t 300 -p 80`.

Поток трафика для атаки был смоделирован с использованием TCP SYN flood. Эта атака использует трехстороннее подтверждение связи по протоколу TCP, отправляя запросы на подключение быстрее, чем сервер может их обработать, что приводит к перенасыщению сети. Атака была выполнена с помощью команды `python3 -E synattack.py server1 - server2`, и статистика потоков собиралась каждые 30 секунд. Контроллер SDN отправлял сообщения с запросом OpenFlow stats на все коммутаторы для сбора обновленной статистики по потокам и портам.

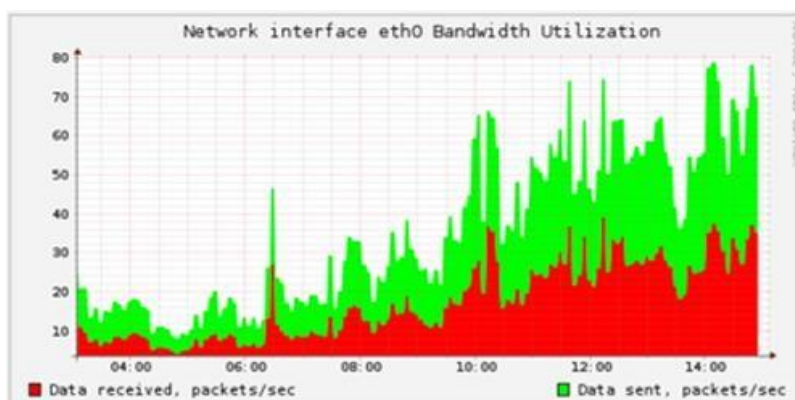


Рисунок 5 – Нагрузка на сетевой интерфейс

На графике показано использование полосы пропускания сетевого интерфейса eth0 на целевом сервере после начала атаки. По оси x отложено время суток, а по оси y – скорость передачи данных в пакетах в секунду. Зеленая область указывает на скорость приема данных, а красная – на скорость отправки данных (рис. 5).

### Обсуждение научных результатов

Таблица 5 – Результаты эксперимента по сравнению эффективности

Система	Ложные срабатывания, %	Не обнаруженные вредоносные запросы, %
Kaspersky Anti-Hacker	0,1	10,3
Snort	4,4	10,1
Symantec	3,4	11,9
DDOS deflate	5,7	20
Разработанное средство	0,9	2,8

У Kaspersky Anti-Hacker самый низкий показатель – 0,1%, что указывает на то, что он редко ошибочно распознает законный трафик как вредоносный (таб. 5).

Разработанный инструмент также хорошо работает с низким показателем ложных срабатываний (0,9%).

Разработанный инструмент отличается самым низким показателем необнаруженных вредоносных запросов – 2,8%.

В отличие от этого, у DDOS-атаки deflate самый высокий показатель – 20%, что указывает на то, что он пропускает значительную часть вредоносного трафика.

В этом исследовании мы стремимся разработать и оценить методы обнаружения DDoS-атак с использованием методов машинного обучения. Традиционные подходы к обнаружению

DDoS-атак часто основаны на анализе пакетов на сетевом уровне, который можно обойти с помощью хорошо продуманных атак, имитирующих законный трафик. Переключив внимание на журналы базы данных, мы потенциально можем выявить закономерности, указывающие на DDoS-атаки, которые могут быть незаметны только при анализе сетевого трафика (рис. 6).

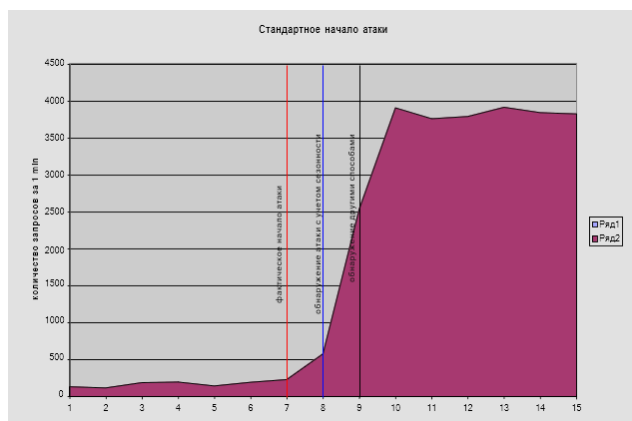


Рисунок 6 – Стандартное начало атаки

Алгоритмы обучения с подкреплением могут извлекать уроки из окружающей среды, получая обратную связь в виде вознаграждений или наказаний. В контексте обнаружения DDoS-атак алгоритм обучения с подкреплением может получать вознаграждение за правильное обнаружение атаки и наказание за ложноположительное предупреждение.

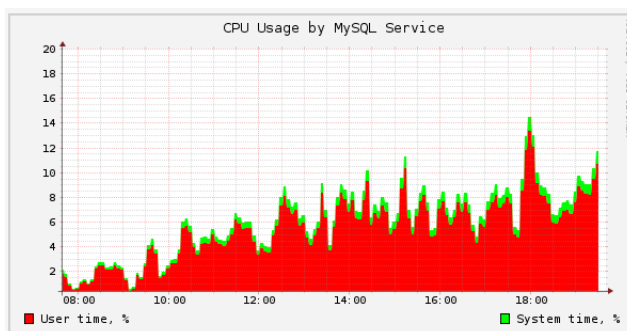


Рисунок 7 – Нагрузка со стороны сервера баз данных после начала атаки

На графике показана загрузка процессора службой MySQL на сервере баз данных после начала атаки (рис. 7). Ось x показывает время суток, а ось y – процент загрузки процессора. Снижение затрат на обеспечение безопасности: Внедрение этого инструмента привело к снижению экономических затрат, связанных с поддержанием информационной безопасности, на 20%. Это демонстрирует экономическую эффективность и финансовые выгоды для организаций, использующих этот инструмент.

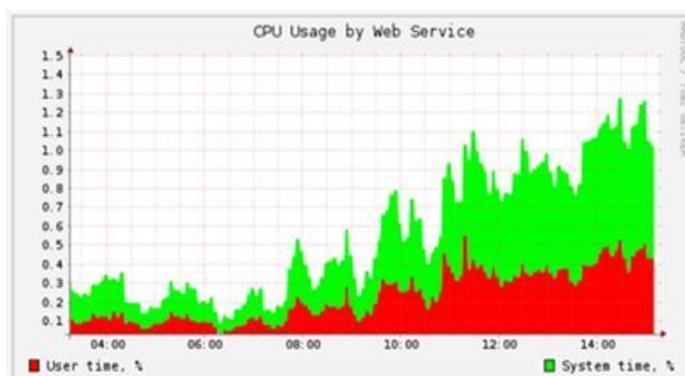


Рисунок 8 – Использование ресурсов процессора атакуемого сервера после начала атаки

Результаты оценки эффективности обнаружения начала атаки и выявление вредоносного трафика в целом соответствуют результатам, полученным при проведении тестов в нагрузочной сети (рис. 8). Отклонение для ошибки первого рода составило не более 3%, отклонение для ошибки второго рода не более 6%. Данные результаты подтверждаются актами внедрения разработанных программных средств на площадках заказчиков.

### **Заключение**

В данной работе предложена методика раннего обнаружения начала DDoS-атаки и последующего определения вредоносных запросов. В основе разработанных методик лежат методы теории вероятности, кластерного и статистического анализа, принципы машинного обучения.

В качестве основных результатов диссертационной работы можно выделить следующие:

1. Проведен мониторинг современных распределенных атак, направленных на отказ в обслуживании. Выделена новая группа атак средней и малой интенсивности, направленных в основном на региональные ресурсы. Проведен мониторинг различных программных и аппаратных средств противодействия и средств обнаружения атак такого типа. Выявлено отсутствие средств, позволяющих адекватно решать поставленные задачи по обнаружению и противодействию, для данной группы атак.

2. Предложена и обоснована гипотеза о существовании сезонности в работе различных сетевых ресурсов. Выяснены причины, влияющие на формирования и особенности сезонных периодов.

3. Предложено формальное описание сезонности сетевой нагрузки, которое позволяет выявлять сезоны различной периодичности, отличающиеся учетом неопределенного начала и завершения периода.

4. Исследование модели атаки позволило создать методику раннего обнаружения и противодействия DDoS-атакам средней и малой интенсивности. Методика является универсальной, учитывает, как региональные особенности, так и другие факторы, и может быть применена для обнаружения и противодействия DDoS-атакам различных типов и различной мощности. А также для обнаружения аномальных данных в различных сферах деятельности.

5. В процессе разработки методики создано два алгоритма: алгоритм определения точки начала атаки и алгоритм разделения смешанного трафика на благонадежный и вредоносный. Отличительной чертой алгоритмов является учет сезонных колебаний сетевой нагрузки.

### **Список литературы**

1. Басканов А.Н. Способы противодействия и средства раннего выявления DDoS-атак / А.Н. Басканов // Экономика и качество систем связи. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-protivodeystviya-i-sredstva-rannego-vyyavleniya-ddos-atak> (дата обращения: 2021-06-24).
2. Gu Q. Denial of Service Attacks / Q. Gu, P. Liu // Handbook of Computer Networks: Distributed Networks, Network Planning, Control, Management, and New Trends and Applications. – 2012. – Vol. 3.
3. Tripathi N. DoS and DDoS Attacks: Impact, Analysis and Countermeasures. / N. Tripathi, B.M. Mehtre // Conference: Advances in Computing, Networking and Security: TEQIP II National Conference. – 2014. – Access Mode: [https://www.researchgate.net/publication/259941506\\_DoS\\_and\\_DDoS\\_Attacks\\_Impact\\_Analysis\\_and\\_Countermeasures](https://www.researchgate.net/publication/259941506_DoS_and_DDoS_Attacks_Impact_Analysis_and_Countermeasures) (online; accessed: 2023-06-15).
4. Афанасьева Д.В. Проблема DDoS-атак / Д.В. Афанасьева // Наука, образование и культура. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ddos-atak> (дата обращения: 2021-06-23).
5. Securelist – DDoS-атаки в I квартале 2021 года. – 2021. – Режим доступа: <https://securelist.ru/ddos-attacks-in-q1-2021/101390/> (дата обращения: 2021-06-24).



6. Zeb K. DDoS Attacks and Countermeasures in Cyberspace / K. Zeb, O. Baig, M.K. Asif // IEEE 2nd World Symposium on Web Applications and Networking (WSWAN). – 2015. – Mar. – P. 1-6.
7. Слеповичев И.И. Обнаружение DDoS атак нечеткой нейронной сетью. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – 2009. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-ddos-atak-nechetkoy-neyronnoy-setyu> (дата обращения: 2023-06-21).
8. Doriguzzi-Corin R. Lucid: A Practical, Lightweight Deep Learning Solution for DDoS Attack Detection / R. Doriguzzi-Corin // IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2020. – Feb. – P. 1-14.
9. Использование SVM для обнаружения DDoS-атак в сети SDN / Донг Ли и др. // IOP Conf. Ser.: Mater. наук. Eng. 466 012003, 2018.
10. Метод обнаружения DDoS-атак, основанный на извлечении признаков из сетей глубоких убеждений / Ицзе Ли и др. // серия конференций IOP: Наука о окружающей среде, том 252, выпуск 3. – 2019.
11. Обнаружение DDoS-атак на центры обработки данных с помощью корреляционного анализа / Пэн Сяо и др. // Компьютерные коммуникации. – 2015. – № 67.
12. Разработка и внедрение системы обнаружения DDoS-атак Интернета вещей, основанной на машинном обучении / Ю.В. Чен и др. // В материалах Европейской конференции IEEE по сетям и коммуникациям, Дубровник, Хорватия, 15-18 июня 2020. – С. 122-127.
13. Обнаружение атак типа «отказ в обслуживании» и смягчение их последствий для Интернета вещей с использованием методов машинного обучения с поддержкой ретроспективного анализа / А. Михуб и др. // Вычисл. Электр. Англ. – 2022. № 98. P. 107716.

#### References

1. Baskanov A.N. Sposoby protivodeistviya i sredstva rannego vyyavleniya DDoS-atak / A.N. Baskanov // Ekonomika i kachestvo sistem svyazi. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-protivodeystviya-i-sredstva-rannego-vyyavleniya-ddos-atak> (data obrashcheniya: 2021-06-24). (In Russian).
2. Gu Q. Denial of Service Attacks / Q. Gu, P. Liu // Handbook of Computer Networks: Distributed Networks, Network Planning, Control, Management, and New Trends and Applications. – 2012. – Vol. 3. (In English).
3. Tripathi N. DoS and DDoS Attacks: Impact, Analysis and Countermeasures. / N. Tripathi, B.M. Mehtre // Conference: Advances in Computing, Networking and Security: TEQIP II National Conference. – 2014. – Access Mode: [https://www.researchgate.net/publication/259941506\\_DoS\\_and\\_DDoS\\_Attacks\\_Impact\\_Analysis\\_and\\_Countermeasures](https://www.researchgate.net/publication/259941506_DoS_and_DDoS_Attacks_Impact_Analysis_and_Countermeasures) (online; accessed: 2023-06-15). (In English).
4. Afanas'eva D.V. Problema DDoS-atak / D.V. Afanas'eva // Nauka, obrazovanie i kul'tura. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ddos-atak> (data obrashcheniya: 2021-06-23). (In Russian).
5. securelist – DDoS-ataki v I kvartale 2021 goda. – 2021. – Режим доступа: <https://securelist.ru/ddos-attacks-in-q1-2021/101390/> (data obrashcheniya: 2021-06-24). (In English).
6. Zeb K. DDoS Attacks and Countermeasures in Cyberspace / K. Zeb, O. Baig, M.K. Asif // IEEE 2nd World Symposium on Web Applications and Networking (WSWAN). – 2015. – Mar. – P. 1-6. (In English).
7. Слеповичев И.И. Обнаружение DDoS атак нечеткой нейронной сетью. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. – 2009. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-ddos-atak-nechetkoy-neyronnoy-setyu> (data obrashcheniya: 2023-06-21). (In Russian).
8. Doriguzzi-Corin R. Lucid: A Practical, Lightweight Deep Learning Solution for DDoS Attack Detection / R. Doriguzzi-Corin // IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2020. – Feb. – P. 1-14. (In English).
9. Ispol'zovanie SVM dlya obnaruzheniya DDoS-atak v seti SDN / Dong Li i dr. // IOP Conf. Ser.: Mater. наук. Eng. 466 012003, 2018. (In English).

10. Metod obnaruzheniya DDoS-atak, osnovannyi na izvlechenii priznakov iz setei glubokikh ubezhdenii / Itsze Li i dr. // seriya konferentsii IOP: Nauka o okruzhayushchei srede, tom 252, vypusk 3. – 2019. (In English).
11. Obnaruzhenie DDoS-atak na tsenry obrabotki dannykh s pomoshch'yu korrelyatsionnogo analiza / Pehn Syao i dr. // Komp'yuternye kommunikatsii. – 2015. № 67. (In English).
12. Razrabotka i vnedrenie sistemy obnaruzheniya DDoS-atak Interneta veshchei, osnovannoi na mashinnom obuchenii / YU.V. Chen i dr. // V materialakh Evropeiskoi konferentsii IEEE po setyam i kommunikatsiyam, Dubrovnik, Khorvatiya, 15-18 iyunya 2020. – S. 122-127. (In English).
13. Obnaruzhenie atak tipa «otkaz v obsluzhivanii» i smyagchenie ikh posledstviy dlya Interneta veshchei s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obucheniya s podderzhkoi retrospektivnogo analiza / A. Mikhub i dr. // Vychisl. Ehlekt. Angl. – 2022. № 98. R. 107716. (In English).

**Б.М. Ильясов\*, Ж.М. Әлімжанова**

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71  
e-mail\*: bahalar49@gmail.com

### **DDOS ШАБУЫЛДАРЫНАН ҚОРҒАУ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ**

*Бұл зерттеу шабуылдаушылар серверді есептеу мүмкіндіктерін нашарлату үшін шамадан тыс сұраныстармен шамадан тыс жүктеген кезде flooding шабуылдарына назар аударатын қызмет көрсетуден бас тартудың таратылған моделін (DDoS) зерттейді. DDoS шабуылдарының әсерін азайтуға бағытталған дәстүрлі тәсілдерден айырмашылығы, біздің зерттеуіміз осындай қауіптерден қорғаудың сенімді модельдерін жасауға баса назар аударады. Біз тек заңды трафиктің серверге жетуін қамтамасыз ете отырып, сұраныстардың ағынын бақылау үшін жылдамдықты шектеу алгоритмдерін қамтитын жаңа қорғаныс стратегиясын ұсынамыз. Сонымен қатар, біз сервердің тиімділігі мен тиімділігін арттыру үшін пакетті жоспарлаудың инновациялық әдістерімен, соның ішінде first-Come, First-Served (FCFS) және Priority Queue әдістемесімен біріктірілген жарамды уақыт (TTL) мәндеріне негізделген пакетті сүзуді зерттейміз. Модельдеудің арқасында біздің нәтижелер DDoS шабуылы жағдайында сервер өнімділігінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді, бұл пакетті тастау жылдамдығының төмендеуімен және жауап беру уақытының жақсаруымен көрінеді. Осы қорғаныс модельдерін сәтті енгізу олардың желілерді DDoS шабуылдарының жойқын әсерінен қорғаудағы әлеуетін көрсетеді, бұл болашақ киберқауіпсіздік зерттеулерінің перспективалық бағытын ұсынады.*

***Түйін сөздер:** DDoS қорғанысы; flooding шабуылдары; жылдамдықты шектеу; TTL; пакетті жоспарлау; киберқауіпсіздік.*

**B.M. Ilyasov\*, Zh.M. Alimzhanova**

al-Farabi Kazakh National University,  
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71  
e-mail\*: bahalar49@gmail.com

### **RESEARCH OF THE MODEL OF PROTECTION AGAINST DDOS ATTACKS**

*This research investigates the Distributed Denial-of-Service (DDoS) protection model, focusing on flooding attacks, where attackers overwhelm a server with excessive requests to degrade its processing capabilities. Unlike traditional approaches that merely aim to mitigate the impact of DDoS attacks, our study emphasizes developing robust protection models to safeguard against such threats. We introduce a novel protection strategy that incorporates rate-limiting algorithms to control the influx of requests, ensuring that only legitimate traffic reaches the server. Further, we explore packet filtering based on valid Time-to-Live (TTL) values, coupled with innovative packet scheduling techniques: including First-Come, First-Served (FCFS) and Priority Queue methodologies to enhance server responsiveness and efficiency. Through simulations our findings reveal significant improvements in server performance under DDoS attack conditions, evidenced by reduced packet drop rates and improved response times. The successful implementation of these protection models demonstrates their potential in securing networks against the disruptive effects of DDoS attacks, offering a promising direction for future research in cybersecurity.*

***Key words:** DDoS protection; flooding attacks; rate-limiting; TTL; packet scheduling; cybersecurity.*

### Сведения об авторах

**Бахтияр Муратулы Ильясов\*** – магистрант, Системы информационной безопасности; Казахский Национальный университет имени аль-Фараби; Республика Казахстан; e-mail: bahalar49@gmail.com.

**Жанна Муратбековна Алимжанова** – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель; Казахский Национальный университет имени аль-Фараби; Республика Казахстан.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Бахтияр Мұратұлы Ильясов\*** – «Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері» магистранты; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: bahalar49@gmail.com.

**Жанна Мұратбекқызы Әлімжанова** – физика-математика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; Қазақстан Республикасы.

### Information about the authors

**Bakhtiyar Muratuly Ilyassov\*** – Master's student, Information Security Systems; Al-Farabi Kazakh National University; The Republic of Kazakhstan; e-mail: bahalar49@gmail.com.

**Zhanna Muratbekovna Alimzhanova** – candidate of physical and mathematical sciences, senior teacher; Al-Farabi Kazakh National University; The Republic of Kazakhstan.

Поступила в редакцию 28.05.2024

Поступила после доработки 12.06.2024

Принята к публикации 13.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-4

MPHTI: 49.38.49



**А.А. Мухамедин\*, Г.А. Абитова**

Astana IT University

010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Мангилик Ел, 55/11

\*e-mail: 222153@astanait.edu.kz

## ИССЛЕДОВАНИЕ REACT NATIVE И FLUTTER, КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

**Аннотация:** В статье выявлено, что создание мобильных приложений отдельно для Android и iOS становится сложным и затратным процессом. Появляется необходимость в общем решении, которое упростит процесс разработки, поддержки, тестирования и развертывания на различных платформах. Это решение должно стандартизировать процесс создания мобильных приложений.

React Native, созданный Facebook, представляет собой значимый этап в развитии кроссплатформенной разработки мобильных приложений. Благодаря активному и мощному сообществу, React Native стал самым востребованным инструментом для создания кроссплатформенных приложений. Тем не менее, Google решил разработать свое собственное решение, Flutter, после тщательного анализа преимуществ и недостатков React Native. Flutter нацелен на оптимизацию для мобильных устройств и стремится предоставить разработчикам полноценное и окончательное решение для создания кроссплатформенных приложений.

В данной статье анализируются ключевые характеристики React Native и Flutter, проводится исследование и сравнение этих характеристик с целью выявления причин их различий. Авторы статьи надеются, что результаты исследования помогут совершенствовать кроссплатформенную разработку и обеспечат дальнейший прогресс в этой области.

**Ключевые слова:** Android, фильмы, разработка, искусственный интеллект, Архитектура, кроссплатформенный, исследование, интеграция, IOS, React Native, Flutter.

### Введение

С каждым днем мобильные приложения становятся все более существенными для нашей повседневной жизни. Согласно данным с ноября 2016 года, объем сетевого трафика, который передается через мобильные устройства, составляет 48,19%, что превышает объем трафика от настольных компьютеров и ноутбуков (47%) [1].

Для того чтобы привлечь максимальное число пользователей, мобильное приложение должно быть доступно как на платформе Android, так и на iOS. Однако различия между этими двумя платформами значительны, и часто требуют от разработчиков различных навыков: например, для Android нужно знание Java или Kotlin, а для iOS – Objective-C или Swift. Это создает сложности для разработчиков и компаний, которые стремятся создать кроссплатформенные приложения.

Facebook представил React Native в марте 2015 года как открытую кроссплатформенную среду JavaScript, которая призвана решить проблему разработки приложений для разных платформ. Этот фреймворк основан на платформе React, которую Facebook представил несколько лет ранее [2]. React широко популярен среди разработчиков благодаря своей простоте, легкости и эффективному процессу разработки [3].

В конце 2016 года Google представила новый мобильный инструмент разработки под названием Flutter. Этот фреймворк, вдохновленный React Native, также позволяет создавать приложения для обеих платформ, что упрощает и удешевляет процесс разработки для iOS и Android. В отличие от React Native, Flutter был разработан с нуля. На момент написания данного исследования (август 2017 года) использование Flutter в коммерческих проектах ограничивалось только Google.

Различные компании уже экспериментировали с кроссплатформенными фреймворками, такими как React Native и Flutter, но до сих пор ни один из них не смог полностью удовлетворить требования промышленного развития. Несмотря на неудачи предыдущих попыток, интерес к React Native и Flutter с поддержкой Facebook и Google остается высоким, и люди с оптимизмом смотрят на их перспективы.

Эта работа направлена на проведение всестороннего анализа React Native и Flutter. В ней будут рассмотрены и проиллюстрированы основные концепции и характеристики обеих платформ, а также будет проведено сравнение их производительности и процесса разработки [10].

Статья будет посвящена анализу React Native и Flutter. Кроме того, чтобы выявить различия между ними, будет выполнена полная перепись рабочего приложения React Native с использованием Flutter в качестве альтернативы.

### **Теоретическая основа**

Сообщество React Native считается одним из самых мощных в мире открытого исходного кода. На самом деле, на данный момент (март 2018 года), React Native занимает третье место по популярности среди проектов на GitHub. Значительный вклад в его развитие вносят не только отдельные разработчики и Facebook, но и такие крупные технологические компании, как Microsoft и Samsung [5].

Одной из наиболее увлекательных особенностей React Native является его способность переносить современные веб-технологии на мобильные устройства, сохраняя при этом функциональность и производительность на высоком уровне. Несмотря на то, что приложения React Native в основном разрабатываются на JavaScript и исполняются в контексте JavaScript, это не делает их гибридными или основанными на технологии HTML5. За счет использования нативных компонентов интерфейса приложения React Native имеет возможность отображать элементы пользовательского интерфейса и взаимодействовать с аппаратным обеспечением устройства, таким как камера и хранилище.

#### **JSX:**

При изучении кода приложения на React Native одним из простейших наблюдений является использование JSX. JSX – это специальное расширение синтаксиса JavaScript, предназначенное в основном для описания внешнего вида пользовательского интерфейса. При компиляции приложения JSX преобразуется в обычные объекты JavaScript. В приведенном примере создается компонент, содержащий две кнопки, каждая из которых выполняет различные действия. Функция `gender()` имеет ключевое значение для каждого компонента React, поскольку она возвращает объект представления компонента. Фигурные скобки используются для вставки свойств компонента в объект представления. Применение

стрелочной функции в `action1()` и `action2()` демонстрирует использование современных возможностей JavaScript в JSX.

Поскольку JSX используется для описания пользовательского интерфейса, может показаться, что это просто еще один язык разметки, подобный HTML или XAML. Однако это неверно. JSX и обычный JavaScript объект могут взаимодействовать друг с другом, что позволяет вставлять обычные выражения JavaScript прямо внутри JSX кода.

Важно отметить, что использование JSX в React позволяет предотвратить атаки через внедрение. React DOM автоматически преобразует любые введенные значения в обычные строки перед их отображением. Это означает, что пользователь не может внедрить какие-либо скрипты или команды в ваше приложение через его интерфейс [4].

Virtual DOM:

Использование виртуального DOM является одной из ключевых причин того, что приложение React Native может работать на различных платформах. Виртуальный DOM позволяет React манипулировать упрощенным деревом DOM, которое соответствует реальному дереву DOM, для оптимизации производительности [12].

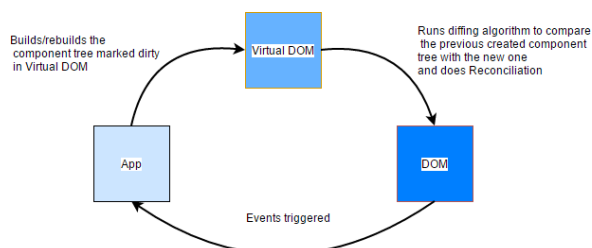


Рисунок 1 – Рабочий процесс Virtual DOM

На рисунке 1 изображены взаимосвязи между приложением, DOM и Virtual DOM. Любое действие пользователя в DOM, такое как нажатие кнопки, в конечном итоге порождает события в приложении, которое затем определяет структуру Virtual DOM. Приложение также периодически запускает алгоритм сравнения для эффективного обновления Real DOM.

В React каждый раз, когда требуется отобразить элемент JSX, соответствующий ему виртуальный объект DOM обновляется одновременно. Перед обновлением React создает снимок текущего дерева Virtual DOM. По завершении обновления React сравнивает обновленное дерево DOM с предыдущим снимком, чтобы определить точные части, которые необходимо повторно отобразить в реальном дереве DOM. Этот процесс, известный в мире React как «diffing», требует использования набора алгоритмов.

Помимо эффективного алгоритма сравнения, React прикладывает значительные усилия для пакетной обработки операций чтения/записи DOM. Находя минимальное количество шагов для обновления виртуального DOM, React выполняет все эти операции в рамках одного цикла событий, не затрагивая реальный DOM. Только после завершения цикла событий React перерисовывает настоящий DOM. Таким образом, существует только один момент, когда необходима перерисовка настоящего DOM [6].

Сочетание процесса «diffing» и определения, какие узлы в дереве представления необходимо обновить, называется согласованием. В React согласование и рендеринг являются двумя отдельными этапами. Поэтому React и React Native могут использовать свои собственные методы рендеринга, при этом воспользовавшись одним и тем же примирителем, предоставляемым ядром React.

Flutter:

В процессе изучения кода приложения React Native один из самых простых аспектов, который бросается в глаза – это использование JSX. JSX представляет собой специальное расширение синтаксиса JavaScript, которое в основном применяется для определения того, как должен быть отображен пользовательский интерфейс.

Как и в предыдущей части, мы рассмотрим некоторые ключевые аспекты Flutter. Наша цель здесь – понять основной принцип работы Flutter и ознакомиться с циклом его разработки.

Flutter – это кроссплатформенный фреймворк, созданный с целью разработки высокопроизводительных мобильных приложений. Google выпустил Flutter публично в 2016

году. Приложения, разработанные на Flutter, могут быть запущены не только на Android и iOS, но и на Fuchsia – операционной системе нового поколения от Google, которая выбирает Flutter в качестве своей основной платформы приложений.

Flutter является уникальным в своем роде. В отличие от использования веб-представлений или OEM-виджетов устройств, Flutter визуализирует каждый компонент пользовательского интерфейса с помощью собственного высокопроизводительного механизма рендеринга. Такой подход обеспечивает возможность создания приложений с высокой производительностью, сравнимой с нативными приложениями. С точки зрения архитектуры, код движка на C/C++ компилируется с использованием Android NDK и LLVM на iOS, в то время как любой код на Dart компилируется с помощью AOT.

Важной особенностью Flutter является поддержка горячей перезагрузки с сохранением состояния во время разработки, что значительно ускоряет цикл разработки. Горячая перезагрузка с сохранением состояния позволяет внедрять обновленный исходный код в работающую виртуальную машину Dart без изменения внутренней структуры приложения. Это означает, что все текущие переходы и действия в приложении сохраняются после горячей перезагрузки, что значительно упрощает и ускоряет процесс разработки [14].

### **Сравнение производительности**

Существует множество различий в реализации Flutter и React Native, и поэтому эффективность одного и того же сценария может значительно различаться. Технически Flutter благодаря своей архитектуре снизу-вверх обычно более эффективен и менее требователен к ресурсам. Однако у React Native существует более крупное сообщество разработчиков. Например, зрелые библиотеки, такие как Redux, которые широко используются в тематических исследованиях, изначально разработаны для React. В общем, нелегко сделать объективное заключение относительно эффективности без учета конкретного контекста каждого случая.

Для измерения производительности важно понимать некоторые основные концепции. Один из таких концептов - кадры в секунду (FPS), который является одним из самых простых и широко используемых показателей для оценки плавности работы приложения. Каждый кадр представляет собой статическое изображение текущего состояния окна. Любые даже незначительные изменения в текущем кадре приводят к созданию нового кадра. Записывая количество кадров, отображаемых каждую секунду на определенном устройстве, можно легко сравнить производительность двух различных приложений.

Цель этого раздела – продемонстрировать несовершенное сравнение производительности приложений Flutter и React Native. Для этого в качестве тестовых примеров выбраны два наиболее часто встречающихся сценария мобильного приложения. Все тестирование и сравнения будут проводиться на одном устройстве с Android (Oneplus A3003) для мониторинга частоты кадров [11].

Scroll:

Вертикальный прокручиваемый список – это типичное представление во всех мобильных приложениях. Это настолько распространено, что как Android, так и iOS предоставляют специальные компоненты представлений (RecyclerView и UICollectionView), которые специально оптимизированы для обеспечения высокой производительности при работе с большими наборами данных. Прокрутка, будучи простым действием, требует мгновенной обратной связи, анимации и предварительного рендеринга, чтобы обеспечить плавный пользовательский опыт [9].

В марте 2017 года React Native официально прекратил поддержку компонента ListView и вместо него представил новый компонент FlatList в качестве основного инструмента для создания прокручиваемых списков. Новый FlatList разработан для оптимизации использования памяти и предоставляет современные функции, такие как Pull to Refresh, при этом имея более упрощенный API. С другой стороны, в Flutter компонент ListView обновлялся не так часто. Он был создан как специализированный дочерний виджет пользовательского ScrollView для отображения набора данных в линейном порядке [8].

Для минимизации влияния других факторов был создан чрезвычайно упрощенный пример, включающий только компонент или виджет фреймворка. Суть примера заключается в вертикальном списке прокрутки с 1000 элементами. Каждый элемент содержит изображение и две строки текста. На рисунке ниже представлены некоторые из наиболее важных показателей производительности [7].

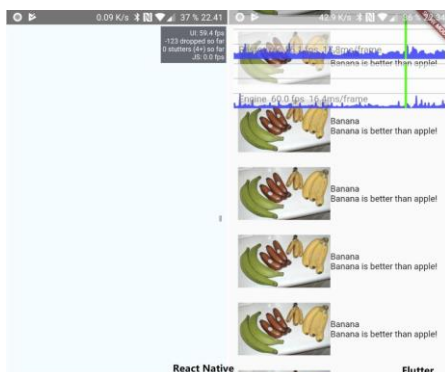


Рисунок 2 – Монитор FPS на устройстве

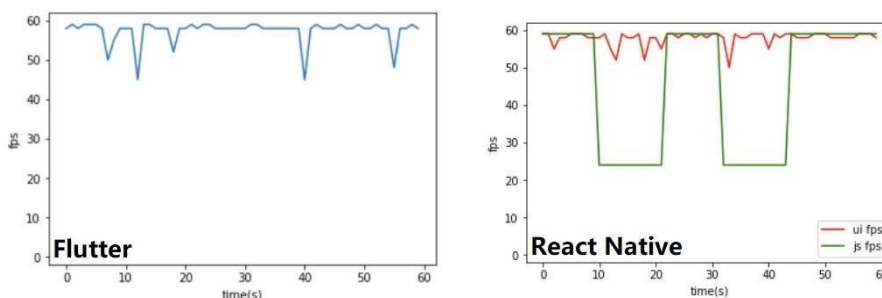


Рисунок 3 – Отслеживание FPS при прокрутке

Как показано на рисунках 2 и 3, как Flutter, так и React Native успешно справляются с прокруткой, и средний FPS во время прокрутки всегда оставался выше 60. Однако показатель FPS в потоке пользовательского интерфейса не полностью отражает производительность React Native. Как было упомянуто в предыдущем разделе, большая часть приложений React Native выполняется в потоке JavaScript. Более серьезной проблемой является то, как FlatList в React Native оптимизирует использование памяти. Для экономии памяти FlatList отображает только определенное количество элементов одновременно для плотного списка с большим количеством элементов. В определенных сценариях, например, при быстрой прокрутке, пустые блоки могут отображаться как заполнители, что приводит к снижению частоты кадров в потоке JavaScript. С другой стороны, FPS в Flutter остается стабильным. Пики на графике указывают на то, что совместная обработка пользовательского ввода и рендеринга анимаций требует дополнительных ресурсов.

Disk I/O:

I/O скорость ввода-вывода (I/O) играет критическую роль в производительности, особенно когда речь идет о мобильных приложениях. Это относится к скорости обмена данными между приложением и хост-устройством, таким как чтение и запись файлов на диске. Такие операции часто встречаются при взаимодействии с хранилищем данных устройства.

Операции с системными файлами в React Native обычно выполняются с помощью библиотеки «react-native-fs». Эта библиотека предоставляет доступ к файловой системе устройства и предлагает простой API для асинхронного чтения и записи файлов. В сообществе Flutter также существует аналогичный плагин под названием «path\_provider», который обеспечивает доступ к файловой системе хост-устройства и предоставляет необходимые функции для работы с файлами. Обе эти библиотеки используют встроенные оптимизации файловой системы для улучшения производительности операций с файлами.

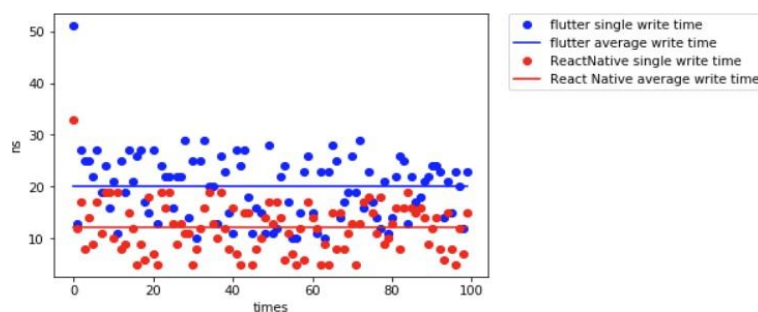


Рисунок 4 – Написание файлов Char в Flutter (синий) и React Native (красный) требует времени

Как показано на рисунке 4, React Native демонстрирует преимущество как по среднему времени (прямая линия), так и по единичному времени (точки). Это обусловлено процессом оптимизации, реализованным в библиотеке «react-native-fs». Фактически, в отношении скорости записи React Native достигает производительности, сравнимой с нативным приложением. Еще одним интересным наблюдением является то, что как Flutter, так и React Native требуют относительно много времени на инициализацию при первоначальной записи. Возникает предположение, что инициализация экземпляра собственного ввода-вывода файлов является предварительным условием для достижения высокой скорости записи.

### Заключение

Цель данной статьи заключается в проведении всестороннего сравнительного исследования между React Native и Flutter. В ходе исследования рассмотрены и представлены теоретические основы обеих платформ, а также их основные характеристики. Для сравнения процессов разработки была успешно переписана демонстрационная программа React Native с открытым исходным кодом на Flutter. Были проведены и анализированы различные тесты, касающиеся производительности приложений.

Однако, из-за ограниченных временных и ресурсных возможностей не все аспекты платформ были рассмотрены в подробностях. Например, не был подробно обсужден процесс рендеринга, на оптимизацию которого были направлены значительные усилия как в React Native, так и в Flutter. Кроме того, сравнение нативных и кросс-платформенных приложений не было исчерпывающе рассмотрено.

Работа React Native во многом оказала значительное влияние на последующие разработки. Инновационные концепции React, такие как однонаправленный поток данных и JSX, успешно воплощены и переосмыслены в React Native. Благодаря мощному сообществу, React Native является одним из лучших выборов для разработки кроссплатформенных приложений с нуля.

У Flutter светлое будущее. Он успешно сохраняет сложный дизайн React Native и даже улучшает его собственные разработки. Основное внимание уделяется согласованности и ясности синтаксиса, а также высокому уровню SDK, что действительно радует разработчиков. Благодаря рендерингу виджетов с помощью специализированного движка улучшается производительность и исключаются возможные проблемы с OEM-производителями.

В заключение можно сказать, что и React Native, и Flutter подтвердили свою ценность как кроссплатформенные среды разработки мобильных приложений. Преимущества в эффективности и удобстве разработки могут значительно ускорить процесс внедрения продукта на рынок. Теперь создание качественного и привлекательного приложения для всех основных мобильных платформ стало более доступным. При этом важно учитывать, что некоторое снижение производительности по сравнению с нативным приложением может быть оправданным компромиссом.

### Список литературы

1. Griffiths D. React Native: Mobile App Development with JavaScript / D. Griffiths, R. Fruechte, E. Goldberg. – 2018.
2. Абрамов Д. Redux официальное руководство / Д. Абрамов. – 2020.
3. Pratt D. React Native From Zero to One / D. Pratt. – 2021.



4. Краснов А. Разработка мобильных приложений на платформе Android / А. Краснов, В. Арутюнов, В. Данильченко. – 2020.
5. Дубровский И. Разработка мобильных приложений на Flutter: создание iOS и Android приложений на одном коде / И. Дубровский, С. Быков. – 2019.
6. Ryan R. Designing Mobile Interfaces: Patterns for Interaction Design / R. Ryan. – 2019.
7. React Native Documentation [online resource] / URL: <https://reactnative.dev/>
8. Redux Documentation [online resource] / URL: <https://redux.js.org/>
9. Flutter Documentation [online resource] / URL: <https://flutter.dev/>
10. ChatGPT API Documentation [online resource] / URL: <https://beta.openai.com/docs/>
11. Fowler M. Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship / M. Fowler. – 2008.
12. Kernighan B. The C Programming Language / B. Kernighan, D. Ritchie – 1988.

#### References

1. Griffiths D. React Native: Mobile App Development with JavaScript / D. Griffiths, R. Fruechte, E. Goldberg. – 2018. (In English).
2. Abramov D. Redux ofitsial'noe rukovodstvo / D. Abramov. – 2020. (In Russian).
3. Pratt D. React Native From Zero to One / D. Pratt. – 2021. (In English).
4. Krasnov A. Razrabotka mobil'nykh prilozhenii na platforme Android / A. Krasnov, V. Arutyunov, V. Danil'chenko. – 2020. (In Russian).
5. Dubrovskii I. Razrabotka mobil'nykh prilozhenii na Flutter: sozdanie iOS i Android prilozhenii na odnom kode / I. Dubrovskii, S. Bykov. – 2019. (In Russian).
6. Ryan R. Designing Mobile Interfaces: Patterns for Interaction Design / R. Ryan. – 2019. (In English).
7. React Native Documentation [online resource] / URL: <https://reactnative.dev/>. (In English).
8. Redux Documentation [online resource] / URL: <https://redux.js.org/>. (In English).
9. Flutter Documentation [online resource] / URL: <https://flutter.dev/>. (In English).
10. ChatGPT API Documentation [online resource] / URL: <https://beta.openai.com/docs/>. (In English).
11. Fowler M. Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship / M. Fowler. – 2008. (In English).
12. Kernighan B. The C Programming Language / B. Kernighan, D. Ritchie – 1988. (In English).

**А.А. Мухамедин\*, Г.А. Абитова**

Astana IT University,

010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы, 55/11

\*e-mail: 222153@astanait.edu.kz

#### REACT NATIVE ЖӘНЕ FLUTTER, КРОСС-ПЛАТФОРМАЛЫҚ МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАЛАР ШЕҢБЕРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

*Мақалада Android және iOS үшін мобильді қосымшаларды бөлек жасау күрделі және қымбат процеске айналып бара жатқанын көрсетеді. Әртүрлі платформаларда әзірлеу, қолдау, тестілеу және орналастыру процесін жеңілдететін ортақ шешім қажет. Бұл шешім мобильді қосымшаларды жасау процесін стандарттауы керек.*

*Facebook жасаған React Native кросс-платформалық мобильді қосымшаларды әзірлеудегі маңызды кезең болып табылады. Белсенді және қуатты қауымдастықтың арқасында React Native кросс-платформалық қосымшаларды жасаудың ең танымал құралы болды. Дегенмен, Google React Native-тің артықшылықтары мен кемшіліктерін мұқият талдағаннан кейін Flutter атты жеке шешімін әзірлеуге шешім қабылдады. Flutter мобильді құрылғыларды оңтайландыруға бағытталған және әзірлеушілерге кросс-платформалық қосымшаларды жасау үшін толық және түпкілікті шешім беруге тырысады.*

*Бұл мақалада React Native және Flutter негізгі сипаттамалары талданады, олардың айырмашылықтарының себептерін анықтау үшін осы сипаттамалар зерттеледі және салыстырылады. Мақала авторлары зерттеу нәтижелері кросс-платформалық дамуды жақсартуға және осы саладағы одан әрі ілгерілеуді қамтамасыз етуге көмектеседі деп үміттенеді.*

**Түйін сөздер:** *Andorid, фильмдер, әзірлеу, жасанды интеллект, архитектура, кросс-платформа, зерттеу, интеграция, IOS, React Native, Flutter.*

**A.A. Mukhamedin\*, G.A. Abitova**

Astana IT University,

010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Мангилик Ел, 55/11

\*e-mail: 222153@astanait.edu.kz

#### RESEARCH OF A REACT NATIVE VS FLUTTER, CROSS-PLATFORM MOBILE APPLICATION FRAMEWORKS

The article reveals that creating mobile applications separately for Android and iOS is becoming a complex and costly process. There is a need for a common solution that will simplify the process of development, support, testing and deployment on various platforms. This solution should standardize the process of creating mobile applications.

React Native, created by Facebook, represents a significant milestone in the development of cross-platform mobile application development. Thanks to an active and powerful community, React Native has become the most popular tool for creating cross-platform applications. However, Google decided to develop its own solution, Flutter, after carefully analyzing the advantages and disadvantages of React Native. Flutter is focused on optimizing for mobile devices and strives to provide developers with a complete and definitive solution for creating cross-platform applications.

This article analyzes the key characteristics of React Native and Flutter, researching and comparing these characteristics in order to identify the reasons for their differences. The authors of the article hope that the results of the study will help improve cross-platform development and ensure further progress in this area.

**Key words:** Android, mobile, development, artificial intelligence, Architecture, cross-platform, research, integration, iOS, React Native, Flutter.

#### Сведения об авторах

**Айдар Алибекулы Мухамедин\*** – магистрант Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: 222153@astanait.edu.kz

**Гулнара Аскеровна Абитова** – научный руководитель, PhD, доцент, Astana IT University; Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: gulnara.abitova@astanait.edu.kz

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Айдар Алибекулы Мухамедин\*** – магистрант, Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: 222153@astanait.edu.kz

**Гулнара Әскерқызы Әбитова** – PhD, доцент; Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: gulnara.abitova@astanait.edu.kz

#### Information about the authors

**Aidar Alibekuly Mukhamedin** – Master degree, Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: 222153@astanait.edu.kz

**Gulnara Askerovna Abitova** – scientific advisor, PhD, Associate Professor, DIS&CS, Astana IT University; Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: gulnara.abitova@astanait.edu.kz

Поступила в редакцию 08.04.2024

Принята к публикации 15.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-5

IRSTI: 50.47.29



**Y. Ospanov\*, N. Turarbai<sup>1</sup>, M. Bayraktar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Akdeniz University,  
Pınarbaşı Mah. Dumlupınar Boulevard 07070 Campus Konyaalti, Antalya, Turkey  
\*e-mail: 78oea@mail.ru

## FUZZY DECISION-MAKING PROBLEMS FOR CONTROLLING OPERATING MODES OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND METHODS FOR SOLVING THEM

**Abstract:** Statements of decision-making problems for the control of fuzzy technological objects are formalized and obtained, and methods for solving them are proposed. The object of study is the heating stations of the «hot» main oil pipeline. Since such objects are often characterized by multicriteria and often operate in conditions of unclear initial information, the tasks are formalized in the form of multicriteria decision-making problems in a fuzzy environment. Based on the modification of various optimality principles, new mathematical formulations of the problems to be solved were obtained and interactive heuristic algorithms for solving them were developed. The novelty of the proposed approaches to solving formalized fuzzy problems

from well-known methods for solving fuzzy problems lies in the fact that problems are posed and solved without first converting them to equivalent deterministic options, which does not reduce the loss of original fuzzy information and makes it possible to obtain more adequate and effective solutions. An example is given of the practical application of the proposed approach to solving decision-making problems by implementing one of the developed algorithms when solving the problem of choosing an effective operating mode for the oil heating station of the Uzen-Samara oil pipeline at the Atyrau point.

**Key words:** fuzzy decision-making, multicriteria optimization, information, membership function, principles of optimality, decision maker (DM).

## Introduction

In practice, decision-making problems often arise when managing the operating modes of technological objects, which are characterized by multicriteria and fuzziness of the initial information. The complexity, large number of parameters and multicriteria of such technological objects and the fuzziness of the initial information complicate the formalization, mathematical formulation and solution of such problems [1-3].

Recently, in the scientific literature and publications, problems and approaches to solving multicriteria decision-making problems have been actively discussed [4, 5], including in conditions of fuzzy initial information [6-8]. Methods for solving these problems in a fuzzy environment are based on the use of methods from fuzzy set theories [1, 2, 5, 9, 10]. The problems of setting and solving multicriteria problems of choosing optimal parameters and operating modes of technological units are considered in works [3, 5, 7, 11].

The decision-making problems studied and solved in this work on the optimal control of the operating modes of technological units of the main oil pipeline are related to important scientific and practical issues of decision theory, the theory of fuzzy sets and multicriteria optimization, which is a very relevant problem in the oil pumping industry. The purpose of this work is to study and solve issues of formalization and formulation of decision-making problems to control the operating modes of oil pipeline technological units in a fuzzy environment, as well as the development of algorithms for solving them. When formulating and solving a problem, the ideas of compromise decision-making schemes are used, modified and adapted to the conditions of fuzziness of the initial information [5, 11, 12]. Since many technological objects are often characterized by multicriteria and fuzziness of the initial information and control criteria, the studied and solved problems are an urgent task of theory and practice.

## Problem statement

The decision-making problem in the general case can be formalized in the following form: <Decision-making problem> = { $V$ ,  $V_S$ ,  $V_P$  are given,  $W$  is required to be provided}, where  $V$  – given conditions;  $V_S$  – set of possible states (modes of operation) of an object;  $V_P$  – a set of possible operators that ensure the transition of an object from one state to another;  $W$  – desired operating mode of the object. In this case, the solution to the decision-making problem consists in choosing a sequence of operators to transfer an object from the state at the current moment to the desired state. Thus, decision making is a process that consists of evaluating possible solutions (alternatives) and, taking into account given conditions, selecting the best solution according to given criteria.

Under the conditions of multicriteria and fuzziness of initial information, the task of managing the operating modes of technological objects can be formalized as a multicriteria decision-making problem in a fuzzy environment. The task of decision-making is to evaluate possible solutions, which allows to choose the best of them according to given economic and environmental criteria [12].

Let  $f(x) = f_1(x), \dots, f_m(x)$  is a vector of criteria that evaluates the quality of the oil pipeline technological complex. For example,  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)$  – respectively, pumping volume, profit, etc.;  $f_{k+1}(x), f_{k+2}(x), \dots, f_m(x)$  – local criteria for assessing environmental safety, for example, the cost of environmental protection measures, damage from environmental pollution with oil, oil products and transportation waste, etc.. Each of the  $m$  criteria depends on the vector of  $n$  parameters (control actions, regime parameters)  $x = (x_1, \dots, x_n)$ , for example: temperature and pressure; rheological properties of raw materials, reagent consumption, etc. In practice, there are always various restrictions (economic, technological, financial, environmental), which can be described by some

functions – constraints  $\varphi_q \geq b_q, q = \overline{1, L}$ . Operating parameters also have their own change intervals, specified by the technological regulations of the unit and the requirements of environmental protection measures:  $x_i \in \Omega = [x_i^{\min}, x_i^{\max}]$ , where  $x_i^{\min}$  – lower,  $x_i^{\max}$  – upper change limits of the parameter  $x_i$ . Constraints may be fuzzy:  $\succsim$  – more than or approximately equal,  $\lesssim$  – less than or approximately equal,  $\cong$  – approximately equal

It is required to make decisions on the selection of the most effective (optimal) solution - the optimal operating mode of the technological complex of the main oil pipeline, ensuring the extreme value of the vector of criteria when fulfilling the specified constraints and taking into account the preferences of the decision maker (DM). In our cases, decision makers are operators for managing oil pumping modes through pipelines; they control and select the operating mode of an oil pipeline technological object, for example, oil heating stations, oil pumping stations, providing optimal values of local control criteria: pumping volume, safety and reliability of the mode, etc.

## Results

Let us formulate a mathematical formulation of the formalized decision-making problem to control the operating modes of technological objects in conditions of multicriteria and fuzziness of the initial information.

Let there be a normalized vector of criteria of the form -  $\mu_0(x) = (\mu_0^1, \dots, \mu_0^m)$  and  $L$  constraints with fuzzy instructions –  $\varphi_q(x) \succsim b_q, q = \overline{1, L}$ . Let us assume that the constraint fulfillment membership functions  $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$  for each constraint are constructed as a result of expert procedures and dialogue with specialist experts. Let the weight vector, which reflects the mutual importance of the criteria ( $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ ) and constraints ( $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$ ) at the time of setting the problem, be known [13, 14].

Then the problem of choosing optimal operating modes of technological objects according to economic and environmental criteria can be written as the following decision-making problem in a fuzzy environment:

$$\begin{aligned} & \max_{x \in X} \mu_0^i(x), i = \overline{1, m} \\ & X = \left\{ x : \arg \max_{x \in \Omega} \mu_q(x), q = \overline{1, L} \right\}. \end{aligned}$$

Based on the idea of the *main criterion method and the Pareto principle of optimality*, the given decision-making problem with a vector of criteria and constraints [15, 16] can be written in the following formulation:

$$\max_{x \in X} \mu_0^1(x), \tag{1}$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_0^i(x) \geq \mu_r^i) \wedge \arg \max_{x \in \Omega} \sum_{q=1}^L \beta_q \mu_q(x) \wedge \sum_{q=1}^L \beta_q = 1 \wedge \beta_q \geq 0, i = \overline{2, m}, q = \overline{1, L} \right\} \tag{2}$$

where  $\wedge$  – logical sign “and”, requiring that all statements associated with it be true,  $\mu_r^i$  – boundary values for local criteria  $\mu_0^i(x), i = \overline{2, m}$ , specified by the decision maker.

According to the main criterion method, the main (in terms of importance) criterion is optimized, and the remaining local criteria are included in the constraints. According to the Pareto principle of optimality, the decision maker selects the optimal solution from an effective set, in which the improvement of one of them leads to the deterioration of the other.

By changing  $\mu_r^i$  and the constraint importance vector  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$ , we can obtain a family of solutions to the problem (1)–(2):  $x^*(\mu_r, \beta)$ . The choice of the best solution is carried out on the basis of dialogue and taking into account the preferences of the decision maker. To solve the

multicriteria decision-making problem of determining the desired operating mode of oil pipeline units in formulation (1)-(2), this paper proposes the following heuristic algorithm based on a modification of the principles of the main criterion and Pareto optimality for working in a fuzzy environment and their combination.

**GK-PO algorithm:**

1.  $p_q, q = \overline{1, L}$  - the number of steps for each  $q$ -th coordinate and a number of priorities for local criteria  $I_k = \{1, \dots, m\}$  (the main criterion must have priority 1) is specified and the value of the constraint weight vector is entered  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$ , taking into account the importance of local constraints.

2. The decision maker assigns boundary values (constraints) of local criteria  $\mu_r^i(x), i = \overline{2, m}$ .

3.  $h_q = 1/p_q, q = \overline{1, L}$  - step sizes for changing the coordinates of the weight vector  $\beta$  are determined.

4. A set of weight vectors  $\beta^1, \beta^2, \dots, \beta^N$ ,  $N = (p_1 + 1)(p_2 + 1) \dots (p_L + 1)$ , is determined by varying the coordinates on the segments  $[0, 1]$  with a step  $h_q$

5. The term-set  $T(X, Y)$  is determined and the membership functions for fulfilling the constraints  $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$  are constructed.

6. The main criterion (1) is maximized on the set  $X$  determined by (2), the current solution is determined:  $x(\mu_r^i, \beta), \mu_0^1(x(\mu_r^i, \beta)), \dots, \mu_0^m(x(\mu_r^i, \beta)); \mu_1(x(\mu_r^i, \beta)), \dots, \mu_L(x(\mu_r^i, \beta)), i = \overline{2, m}$ .

7. The decision is presented to the decision maker. If the current results do not satisfy the decision maker, then new values of  $\mu_r^i(x), i = \overline{2, m}$  are assigned to them and (or) the values of  $\beta$  are adjusted, and a return to point 3 is made. Otherwise, go to point 8.

8. The search for a solution stops, the results of the final choice of the decision maker are displayed: values of the control vector  $x^*(\mu_r^i, \beta)$ ; values of local criteria  $\mu_0^1(x^*(\mu_r^i, \beta)), \dots, \mu_0^m(x^*(\mu_r^i, \beta))$  and degree of fulfilling the constraints  $\mu_1(x^*(\mu_r^i, \beta)), \dots, \mu_L(x^*(\mu_r^i, \beta))$ .

By modifying various compromise decision-making schemes for the case of fuzziness, we can obtain other statements of multicriteria decision-making problems in a fuzzy environment and propose algorithms for their solution.

Using the ideas of the methods of the *main criterion and the ideal point* and modifying them for the case of fuzziness, the multicriteria decision-making problem with the fuzziness of the initial information can be put in the following form:

$$\max_{x \in X} \mu_0^1(x), \tag{3}$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge \arg \left( \max_{x \in \Omega} \max \mu_0^i(x) \geq \mu_r^i \right) \wedge \arg \mu_q(x) \geq \min \|\mu(x) - \mu^u\|_D, i = \overline{2, m}, q = \overline{1, L} \right\} \tag{4}$$

where  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  - used metric D, components  $\mu(x)$  and coordinates of the ideal point  $\mu^u$  are defined as follows  $\mu(x) = (\mu_1(x), \dots, \mu_L(x))$ ,  $\mu^u = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$ . It is possible to use  $\mu^u$  units as the coordinates of the ideal point:  $\mu^u = (1, \dots, 1)$ .

The essence of the main criterion method is disclosed above. The ideal point method allows you to find the optimal solution based on minimizing the measure (distance) of the current solution from the ideal solution (point).

To solve the multicriteria decision-making problem (3)-(4), this paper proposes a method developed on the basis of modification of compromise schemes of the *main criterion and ideal point* methods.

Based on the application of the idea of the main criterion method to a vector of local criteria, and the idea of an ideal point to constraints, modifying them for the case of fuzziness, we propose the following algorithm for solving the multicriteria decision-making problem (3)–(4) with fuzziness of the initial information:

**GK-IT algorithm:**

1. A number of priorities are set for local criteria  $I_k = \{1, \dots, m\}$  (the main criterion must have priority 1).

2. Based on information received from decision makers and specialist experts, the term set of fuzzy parameters  $T(X, Y)$  is determined and for each constraint membership functions for fulfilling constraints  $\mu_q(x)$ ,  $q = \overline{1, L}$  are constructed.

3. The decision maker assigns boundary values of local criteria  $\mu_r^i(x), i = \overline{2, m}$ .

4. The coordinates of the ideal point are determined. As the coordinates of these points, you can use the maximum values of the membership function  $\mu^u = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$  or unit  $\mu^u = (1, \dots, 1)$  (if the membership functions are normal).

5. The type of metric  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  is selected, which determines the distance of the current solution  $x^*$  from the ideal point –  $\mu^u$ .

6. Problem (3)–(4) is solved and the current solution is determined:  $x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D)$  – control parameter vector value,  $\mu_0^1(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ ,  $\mu_0^2(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ , ...,  $\mu_0^m(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$  – local criteria values and  $\mu_1(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ ,  $\mu_2(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ , ...,  $\mu_L(x(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ ,  $i = \overline{2, m}$  – membership function values for fulfilling the constraints.

7. The decision maker is presented with the received current solution. If the current results do not satisfy the decision maker, then new values are assigned to them, and (or) a new type of metric  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  is selected and the search for an acceptable solution is repeated, i.e., a return to the previous step is made, otherwise a transition is made to the next step 8.

8. The final solution is derived that satisfies the decision maker: values of control and operating parameters  $x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D)$ , that provide optimal values of local criteria  $\mu_0^1(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ ,  $\mu_0^2(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ , ...,  $\mu_0^m(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$  and maximum values of the membership functions for fulfilling the constraints  $\mu_1(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ ,  $\mu_2(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ , ...,  $\mu_L(x^*(\mu_r^i, \|\mu(x) - \mu^u\|_D))$ .

The given formulations of new multicriteria selection problems and the developed algorithms for solving them are based on the use of modified deterministic methods of multicriteria optimization and compromise decision-making schemes. The results obtained are a generalization and development of these methods in the case of fuzziness of the initial information.

**Practical application, comparison and discussion of results**

As an example of the implementation of the proposed approach to the optimization of technological objects, let us consider the formalization of the formulation and solution of the problem of adopting an effective operating mode of the oil heating station (OHS) of the Uzen-Samara oil pipeline at the Atyrau point. The main task of the OHS is to ensure trouble-free and uninterrupted operation of heating furnaces and structures attached to them, ensuring optimal technological operating conditions for the «hot» oil pipeline. At the same time, the following types of decision-making problems for optimizing criteria are solved: minimizing the cost of heating and pumping oil; minimizing fuel and operating costs; increasing the degree of reliability of mechanisms and devices; increasing the environmental safety of the oil pipeline.

The volume of pumped oil can be determined by the indicators of various devices (flow meters, etc.). In our case, the volume of pumped oil is measured in units of thour. As for assessing quality and environmental safety, the situation here is much more complicated. It is very difficult and not always possible to evaluate the quality of work of the technological and production complex of an oil pipeline, and the environmental safety of the object's operation in one number. Often these indicators are difficult to measure quantitatively and are characterized by uncertainty and fuzziness of the initial information. In fact, quality indicators and environmental safety indicators are often characterized by restrictions such as «no more» and «about», i.e. are fuzzy.

In practice, we want economic criteria (productivity, profit, pumping volume, etc.) and quality indicators to be maximum, and environmental impact on the environment to be minimal. But, as you know, these criteria are often contradictory and it is often not possible to improve them at the same time. The task is to find the optimal solution in the field of compromises, depending on the production situation and plan, and also satisfying the decision maker.

Thus, using the above problem statements, the decision-making problem in controlling the modes of the oil transportation process through the main oil pipeline is set as follows:

Let  $f(x) = F(f(x)) = \mu_0^i(x), i = \overline{1,3}$  – are normalized local criteria assessing the volume of oil pumping ( $\mu_0^1(x)$ ), temperature ( $\mu_0^2(x)$ ) and pressure ( $\mu_0^3(x)$ ) at the outlet of the OHS. Let us assume that for each fuzzy constraint describing environmental indicators  $\varphi_q(x) \succ b_q, q = 1,2$ , the membership functions of its implementation  $\mu_q(x), q = 1,2$  are constructed. Let us know or define a number of priorities for local criteria  $I_k = \{1,2,3\}$  and a weight vector reflecting the mutual importance of these constraints  $\beta = (\beta_1, \beta_2)$ .

The criterion and constraints depend on the vector of parameters  $x_i, i = \overline{1,4}$  ( $x_1$  – temperature,  $x_2$  – pressure,  $x_3$  – fuel consumption,  $x_4$  – oil consumption at the furnace inlet). These dependencies are determined on the basis of mathematical models developed in [17, 18, 19].

A formalized task, in the conditions of fuzziness of some part of the initial information, can be written similarly to (3)–(4) in the form of the following multicriteria decision-making problem in a fuzzy environment:

$$\max_{x \in X} \mu_0^1(x), \quad (5)$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge (f_i(x) \geq b_i) \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \min_{x \in \Omega} \|\mu(x) - \mu^u\|_D) \mid i = 2,3, q = 1,2 \right\} \quad (6)$$

where  $f_i(x), i = 2,3$  – constraint functions for temperature and pressure at the outlet of oil heating stations,  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  – used metric  $D$ ,  $\mu(x) = (\mu_1(x), \mu_2(x))$ ,  $\mu^u = (\max \mu_1(x), \max \mu_2(x))$  or  $\mu^u = (1, 1)$ .

The solution to this problem is the value of the vector of optimized regime parameters  $x^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*)$ , which provides the extreme value of the criterion when the specified constraints are met, taking into account the preferences of the decision maker and satisfying it.

To solve the problem (5)-(6), we use a modification of the GK-IT algorithm.

1. A number of priorities are set for local criteria  $I_k = \{1,2,3\}$  (the main criterion is the volume of oil pumped through the pipeline, which has priority 1, priority 2 is assigned to the temperature at the furnace outlet, pressure at the furnace outlet has priority 3).

2. Based on information received from decision makers and expert specialists, a term set of fuzzy parameters is determined and for each constraint, membership functions for fulfilling the constraints  $\mu_q(x), q = 1,2$  are constructed.

Based on the results of expert assessments and studies, the following membership functions for fulfilling the constraints are constructed:

$$\mu_1(x) = \exp(0.20 | a_1 - 50.0 | \cdot 0.5); \quad \mu_2(x) = \exp(0.10 | a_2 - 80.0 | \cdot 0.7);$$

where  $a_1, a_2$  – average numerical values of fuzzy parameters, respectively: temperature and pressure of the furnace (oil heating station) at the outlet.

3. The type of the constraint function  $f_i(x), i = 2,3$  is determined and the value of  $b_i, i = 2,3$  is set. Based on the results of the research, it is determined:

$$f_1(x) = 7 + 1,2 \cdot x_1 - 0,25 \cdot x_2 + 5,7 \cdot x_3 - 1,3 \cdot x_4 + 1,8 \cdot x_1^2 + 8,3 \cdot x_3^2; b_1 = 55,$$

$$f_2(x) = 0,25 - 1,31 \cdot x_1 + 7,35 \cdot x_2 - 3,1 \cdot x_3 + 2,25 \cdot x_4 + 9,85 \cdot x_2^2 + 8,7 \cdot x_3^2; b_2 = 8,5$$

4. The coordinates of the ideal point are determined. As the coordinates of these points, you can use the maximum values of the membership function. In our case, the membership functions are normal, then  $\mu^u = (1,1)$ .

5. The type of metric  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  is selected, which determines the distance of the current solution ( $\mu(x)$ ) from the ideal point ( $\mu^u$ ). In our case, the type of metric is defined as follows:

$$\|\mu(x) - \mu^u\|_E^2 = \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2,$$

where  $\beta_q$  - weight coefficient of the  $q$ -th fuzzy constraint.

6. Problem (5)–(6) is solved (in our case, mathematical programming methods are used) and the current solution is determined:

$$1) x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2), i = 2,3 - \text{control parameter vector value;}$$

$$2) \mu_0^1(x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)), \mu_0^2(x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)),$$

$$\mu_0^3(x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)), i = 2,3 - \text{local criteria values;}$$

$$3) \mu_1(x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)), \mu_2(x(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)), i = 2,3 -$$

membership function values for fulfilling the constraints.

7. The decision maker is presented with the received current solution. If the current results do not satisfy the decision maker, then new boundary values  $\mu_r^1(x), \mu_r^2(x)$  are assigned to them, and (or) a new type of metric  $\|\mu(x) - \mu^u\|_D$  is selected and the search for an acceptable solution is repeated, i.e. a return to the previous step is carried out, otherwise a transition is made to the next step 8.

8. The final solution is derived that satisfies the decision maker: values of control and operating parameters  $x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)$  that provide optimal values of local criteria

$$\mu_0^1(x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)), \mu_0^2(x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)),$$

$$\mu_0^3(x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)) \text{ and the maximum values of the membership functions for}$$

$$\text{fulfilling the constraints } \mu_1(x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)),$$

$$\mu_2(x^*(b_i, \sum_{q=1}^2 (\beta_q (\max_{x \in \Omega} \mu_q(x) - \mu_q(x)))^2)).$$

The results obtained in the work are shown in the table (see table 1).



Comparison and analysis of the results of the data presented in Table 1 gives grounds to draw the following conclusions:

1) The proposed algorithm is more efficient than the deterministic method and more accurately matches the experimental data.

2) When solving optimization problems based on the proposed algorithms, the adequacy of solving the production problem increases, since additional fuzzy information (experience, knowledge) is taken into account more fully describing the real situation without idealization.

3) The applied algorithm for solving a multicriteria decision-making problem (GK-IT) allows us to determine the membership function of the fulfillment of one or another fuzzy constraint, i.e. the degree of correctness of the resulting decisions.

The reliability of the obtained results and conclusions is confirmed by: the correctness of the research methods used, based on the scientific provisions of the theory of decision making and optimization, theories of fuzzy sets, methods of expert assessments; sufficient convergence of calculation-model (theoretical) and experimental (pilot-industrial) results of the study.

Table 1 – Comparison of the results of solving a multicriteria decision-making problem for choosing an effective OHS mode according to the proposed algorithm (GK-IT), according to a deterministic method and experimental data

No	Criterion and Constraint Values	Deterministic method (lit. data)	Proposed Algorithm (GK-IT)	Experimental data (atyrau OPS)
1.	Oil pumping volume (productivity), tons/hour, ( $\tilde{y}_1$ )	707	$\approx 710$	709
2.	Furnace outlet temperature, °C ( $y_2$ )	48	50	50
3.	Furnace outlet pressure, kgf/cm <sup>2</sup> ( $y_3$ )	8.5	8	8.1
4.	Constraint 1 fulfillment membership function- $\mu_1^*(x^*(\beta))$	-	1.0	-
5.	Constraint 2 fulfillment membership function- $\mu_2^*(x^*(\beta))$	-	0.98	-
6.	Optimal values of operating parameters $x^* = (x_1^*, \dots, x_4^*)$ : $x_1^*$ – furnace inlet temperature, °C;	35	33	34
7.	$x_2^*$ – furnace inlet pressure, kgf/cm <sup>2</sup> ;	10,5	9.8	10
8.	$x_3^*$ – fuel consumption, kg/hour;	27	25	26
9.	$x_4^*$ – volume of raw materials (oil) at the furnace inlet, tons/hour;	710	710	710

Notes: (-) means that the corresponding indicators are not determined by this method. The time required to find a solution in the compared methods is the same.

## Conclusion

In this work, based on a combination and modification of various optimality principles, new formulations of multicriteria decision-making problems for selecting operating modes of technological units of a main oil pipeline are proposed, and interactive algorithms for solving the problems are developed. The developed algorithms are based on the use of the idea of various compromise decision-making schemes (various combinations of the main criterion method, Pareto principles of optimality and the ideal point), modified to work in a fuzzy environment. The results of the implementation of the application of the proposed approach in practice for the selection of optimal operating modes of the oil heating station of the Uzen-Samara oil pipeline at the Atyrau point are presented based on a modification of the idea of the methods of the main criterion (for criteria) and the ideal point (for constraints).

The scientific novelty of the results of the work lies in the fact that the tasks are set and solved in a fuzzy environment without prior conversion to deterministic tasks. This provides, due to the full use of the collected fuzzy information, obtaining a more adequate solution to a complex production problem with fuzzy initial information.

The practical significance of the work is determined by the effective solution of complex production problems in conditions of multicriteria and fuzziness, which cannot be solved or are difficult to solve by traditional deterministic or stochastic mathematical methods. The advantage of the proposed approach to solving the problem is also that, depending on the production situation

and the availability of initial information of various types, the decision maker is given the opportunity to select a more suitable algorithm for solving the problem from the proposed set of algorithms.

### References

1. Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions / D. Dubois // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2011. – Vol. 184. P. 3-28.
2. Orazbayev B.B. Development of mathematical models and modeling of chemical engineering systems under uncertainty / B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva, B.T. Utenova // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2014. – № 48(2), P. 138-148. <https://doi.org/10.1134/S0040579514020092>.
3. Methods of model synthesis and multicriteria optimization of chemical-engineering systems in the fuzzy environment / B. Orazbayev, B. Assanova, M. Bakiyev et al // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. – 2020. № 98(06). P. 1021-1036. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083790104&origin=resultslist&sort=plf-f>.
4. Emelyanov S.V. Mnogokriterial'nye metody prinyatiya reshenij / S.V. Emelyanov, O.I. Larichev. – Moskva: Znanie, 1986. – 57 s.
5. The System of Models and Optimization of Operating Modes of a Catalytic Reforming Unit Using Initial Fuzzy Information / B. Orazbayev, A. Zhumadillayeva, K. Orazbayeva // *Energies*. – 2022. – № 15(4). – P. 1-26. <https://doi.org/10.3390/en15041573>.
6. Methods for Modeling and Optimizing the Delayed Coking Process in a Fuzzy Environment / B. Orazbayev, E. Dyusseminina, G. Uskenbayeva et al // *Processes* / – 2023/ № 11. P. 450. <https://doi.org/10.3390/pr11020450>.
7. Zaichenko YU.P. Issledovanie operatsii: Nechet. optimizatsiya: ucheb. posobie dlya vuzov po spets. «Avtomatizir. sistemy obrab. inform. i upravleniya» i «Prikl. Matematika» / YU.P. Zaichenko. – Kiev: Vyssh. shk., 1991. – 191 s.
8. Michaël Rademaker Aggregation of monotone reciprocal relations with application to group decision making / Michaël Rademaker, Bernard De Baets. // *Fuzzy Sets and Systems*. 2011. – Vol. 184. – P. 29-51.
9. Development of mathematical models of R-1 reactor hydrotreatment unit using available information of various types / B.B. Orazbayev, Ye.A. Ospanov, K.N. Orazbayeva et al // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – № 1399(45) P. 156053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/4/044024>
10. Didier J. Dubois *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*: Acad. Press. N-York, 1980. – 393 s.
11. Rykov A.S. Sistemnyj analiz: Metody mnogokriterial'nogo vybora i nechetkoj optimizatsii / A.S. Rykov, B.B. Orazbaev. – M.: Metallurg, 1996. – 117 s.
12. Control of Fuzzy Technological Objects Based on Mathematical Model / B. Orazbayev, Y. Ospanov, K. et al // 16-th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016) Oct 18-19, 2016, in HICO, Gyengju, Korea. – P. 1487-1493.
13. Mathematical modeling and decision-making on controlling modes of technological objects in the fuzzy environment / Y.A. Ospanov, B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva et al // *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*. Guilin, China. IEEE Catalog Number: CFP16496-ART. 2016. – P. 103-109. <https://doi.org/10.1109/WCICA.2016.7578783>.
14. Mizumoto M. Comparison of fuzzy reasoning methods / M. Mizumoto, H.J. Zimmermann // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1982. – Vol. 8, № 3. – P. 253-283.
15. Ghodousian A. Linear optimization with an arbitrary fuzzy relational inequality / A. Ghodousian, E. Khorram // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2012. – Vol. 206. P. 89-102.
16. Dubey D. Fuzzy linear programming under interval uncertainty based on IFS representation / D. Dubey, S. Chandra, A. Mehra // *Fuzzy Sets and Systems*. 2012. – Vol. 188. – P. 68-87.
17. Hydrotreating unit models based on statistical and fuzzy information / Tanirbergenova A., Orazbayev B., Ospanov Ye. et al // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. – 2021. – № 9(4). P. 242-258. <https://doi.org/10.21533/pen.v9i4.2307>.

18. Methods for Developing Models in a Fuzzy Environment of Reactor and Hydrotreating Furnace of a Catalytic Re-forming Unit / Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Orazbayeva K. et al // Applied Sciences. –2021. № 11(18). P. 1-22. <https://doi.org/10.3390/app11188317>.

19. Development of mathematical models and optimization of operation modes of the oil heating station of main oil pipelines under conditions of fuzzy initial information / Orazbayev B., Moldasheva Zh., Orazbayeva K. et al // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. – № 2(114). P. 147-162. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244949>.

**Е.А. Оспанов\***, **Н.С. Турарбай<sup>1</sup>**, **М. Байрактар<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Ақдениз университеті,

07070, Түркия, Анталия, Пынарбашы Мах. Думлупинар Бульвары, Коньяалта Кампусы

\*e-mail: 78oea@mail.ru

### **ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУ ӘДІСТЕРІН БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУ МӘСЕЛЕСЕРІ**

*Айқын емес технологиялық объектілерді басқару үшін шешім қабылдау міндеттерін қою рәсімделді және алынды және оларды шешу әдістері ұсынылды. Зерттеу объектісі " ыстық " магистральдық мұнай құбырын жылыту пункттері болып табылады. Мұндай нысандар көбінесе көп критерийлікпен сипатталатындықтан және көбінесе айқын емес бастапқы ақпарат жағдайында жұмыс істейтіндіктен, тапсырмалар айқын емес ортада көп критерийлік шешім қабылдау есептері ретінде рәсімделеді. Оңтайлылықтың әртүрлі принциптерін өзгерту негізінде шешілетін есептердің Жаңа математикалық тұжырымдары алынды және оларды шешудің интерактивті эвристикалық алгоритмдері жасалды. Айқын емес есептерді шешудің белгілі әдістерінен формальды айқын емес есептерді шешудің ұсынылған тәсілдерінің жаңалығы мынада: міндеттер оларды эквивалентті детерминирленген нұсқаларға айналдырмай қойылады және шешіледі, бұл бастапқы айқын емес ақпараттың жоғалуын азайтпайды және барабар және тиімді шешімдер алуға мүмкіндік береді. Атырау пунктіндегі өзен-Самара мұнай құбырын жылыту станциясының тиімді жұмыс режимін таңдау мәселесін шешу кезінде әзірленген алгоритмдердің бірін іске асыру арқылы шешім қабылдау міндеттерін шешуге ұсынылған тәсілді практикалық қолдану мысалы келтірілген.*

**Түйін сөздер:** айқын емес шешім қабылдау, көп өлшемді оңтайландыру, ақпарат, мүшелік функциясы, оңтайлылық принциптері, шешім қабылдаушы.

**Е.А. Оспанов\***, **Н.С.Турарбай<sup>1</sup>**, **М. Байрактар<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Университет Ақдениз,

07070, Турция, Анталия, Пынарбашы Мах. Бульвар Думлупинар, Кампус Коньяалты

\*e-mail: 78oea@mail.ru

### **ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ НЕЧЕТКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Формализованы и получены постановки задач принятия решений для управления нечеткими технологическими объектами и предложены методы их решения. Объектом исследования являются пункты обогрева «горячего» магистрального нефтепровода. Поскольку такие объекты часто характеризуются многокритериальностью и часто функционируют в условиях нечеткой исходной информации, задачи формализуются в виде многокритериальных задач принятия решений в нечеткой среде. На основе модификации различных принципов оптимальности были получены новые математические формулировки решаемых задач и разработаны интерактивные эвристические алгоритмы их решения. Новизна предлагаемых подходов к решению формализованных нечетких задач от известных методов решения нечетких задач заключается в том, что задачи ставятся и решаются без предварительного преобразования их в эквивалентные детерминированные варианты, что не уменьшает потери исходной нечеткой информации и позволяет получать более адекватные и эффективные решения. Приведен пример практического применения предложенного подхода к решению задач принятия решений путем реализации одного*

из разработанных алгоритмов при решении задачи выбора эффективного режима работы станции подогрева нефти нефтепровода Узень-Самара в пункте Атырау.

**Ключевые слова:** нечеткое принятие решений, многокритериальная оптимизация, информация, функция принадлежности, принципы оптимальности, лицо, принимающее решение (ЛПР).

#### Information about the authors

**Yerbol Amangazovich Ospanov\*** – PhD, Associate Professor of the Department of Automation, Information Technology and Urban Planning; Shakarim Semey University; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Nurbek Suykimbekuly Turarbai** – is a 2nd-year undergraduate student at the National Academy of Sciences Shakarim University of Semey.

**Mert Bayraktar** – is a PhD doctoral student at Akdeniz University, Turkey.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Ербол Амангазұлы Оспанов** – PhD, автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Нұрбек Сүйкімбекұлы Тұрарбай** – Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті 2 курс магистранты.

**Мирт Байрактар** – Ақдениз университетінің PhD докторанты, Түркия.

#### Сведения об авторах

**Ербол Амангазович Оспанов** – PhD, ассоциированный профессор кафедры Автоматизация, информационные технологии и градостроительство; Университет имени Шакарима города Семей; e-mail: 78oea@mail.ru.

**Нурбек Сүйкімбекұлы Турарбай** – магистрант 2 курса; Университет имени Шакарима города Семей.

**Мирт Байрактар** – PhD докторант университета Агдениз, Турция.

Received 04.03.2024

Accepted 04.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-6

FTAXP: 32.61.11



**Н.Е. Рахимбай\*, К.Б. Тусупова**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: nazerke.rkh@gmail.com

### ВЕБ-БЕТТЕРДЕГІ ЗИЯНДЫ ЖАРНАМАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУДА МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ

**Аңдатпа:** Мақалада интернет қолданушыларының құпиялылығы мен қауіпсіздігіне айтарлықтай қауіп төндіретін веб-беттер арқылы зиянды жарнамалық бағдарламаларды тарату мәселесі қарастырылады. Веб-беттерге енгізілген зиянды жарнамалық бағдарламаларды анықтау және бейтараптандыру үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану. Деректерді өңдеу, белгілерді алу және жіктеу әдістеріне назар аудара отырып, машиналық оқыту зиянды бағдарламаларды анықтау процестерін қалай жақсартатынын егжей-тегжейлі талдайды. Зиянды және заңды жарнамалық мазмұнды ажыратудағы тиімділігін анықтау үшін машиналық оқытудың әртүрлі алгоритмдері, соның ішінде логистикалық регрессия, шешім ағаштары, кездейсоқ орман, аңғал Байес және ансамбльдік әдістер зерттеледі.

Зиянды және қауіпсіз жарнама модульдері туралы деректерді қамтитын оқыту және тест үлгілерін құру әдістемесі сипатталған. Зиянды мінез-құлықтың жасырын үлгілерін анықтау үшін машиналық оқытудың әртүрлі тәсілдері, соның ішінде мұғаліммен, мұғалімсіз оқыту және терең оқыту әдістері талданады. Зерттеу нәтижелері машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану зиянды жарнамалық бағдарламаларды жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік беретінін көрсетеді, бұл тиімдірек киберқауіпсіздік құралдарын әзірлеуге негіз бола алады. Сондай-ақ, қолданыстағы

әдістердің ықтимал мәселелері мен шектеулері талқыланады және машиналық оқыту арқылы зиянды жарнамалық бағдарламаларды анықтау бойынша қосымша зерттеулер жүргізу үшін бағыттар ұсынылады.

**Түйін сөздер:** Машиналық оқыту, зиянды бағдарламалар, киберқауіпсіздік, жасанды интеллект, веб-беттер.

### Кіріспе

Веб-технологиялар күнделікті өмірде басты рөл атқаратын қазіргі цифрлық әлемде деректердің қауіпсіздігі маңызды болып табылады. Зиянды жарнамалық бағдарламалар интернет пайдаланушыларының құпиялылығы мен қауіпсіздігіне қауіп төндіретін қауіптердің бірі болып табылады. Бұл бағдарламалар пайдаланушы тәжірибесіне кедергі келтіріп қана қоймайды, сонымен қатар жеке ақпарат пен қаржылық деректерді ұрлауды қоса алғанда, ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін. Осыны ескере отырып, зиянды жарнамаларды табу және алдын алу киберқауіпсіздік саласындағы зерттеушілер мен әзірлеушілер үшін бірінші кезектегі міндет болып табылады [1].

Машиналық оқыту, үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және күрделі заңдылықтарды анықтау қабілетімен, зиянды бағдарламалық жасақтамамен күресудің қуатты құралы болып табылады. Зиянды жарнамалық бағдарламаларды веб-беттерде анықтау үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану тиімдірек және автоматтандырылған қауіпсіздік жүйелерін құрудың жаңа перспективаларын ашады [2].

### Материалдар мен тәсілдер.

Машиналық оқыту кибершабуылдарды анықтау мен алдын алудың тиімді құралын қамтамасыз ете отырып, веб-беттердегі зиянды бағдарламалармен күресу үшін қолданылады. Бұл сала нақты уақыттағы қауіптерді тану және бейтараптандыруда машиналық оқыту технологияларын киберқауіпсіздікпен біріктіреді. Машиналық оқыту зиянды бағдарламалардың болуын көрсететін ауытқуларды анықтау үшін веб-трафик деректерінің үлкен көлемін талдауға көмектеседі [3]. Алгоритмдер қауіпсіз веб-беттерді зиянды беттерден ажыратуды үйрену арқылы қалыпты мазмұнының мысалдарын қамтитын мәліметтерден үйренеді [4].

1 кесте – Модельді құруда пайдаланатын машиналық оқыту алгоритмдеріне талдау

Алгоритм	Артықшылығы	Кемшілігі	Мүмкіндігі	Қауіпі
Логистикалық регрессия	Түсінікті және орындауға оңай	Сызықтық емес деректермен жұмыс істеуде нашар	Екілік классификациялау мәселелері үшін жақсы	Модельдің шектеулі күрделілігі
Шешім ағашы (Decision Tree)	Интерпретациялауға және визуализациялауға оңай	Артық сәйкестендіруге бейім	Күрделі жүйелерде пайдалануға болады	Деректердегі өзгерістерге сезімтал.
Наивті Байес (Naive Bayes)	Үлкен деректер жиынтығымен жақсы жұмыс істейді	Сипаттардың тәуелсіздігі туралы болжам жасайды	Мәтіндік классификацияда тиімді	Байланысты сипаттармен тиімсіз болуы мүмкін
Кездейсоқ ормандар	Жоғары дәлдік, артық сәйкестендіруге төзімді	Есептеу құны жоғары болуы мүмкін	Көптеген мәселелерге қолдануға болады	Көп ресурс қажет етуі мүмкін
Градиенттік бустинг	Өте жоғары дәлдік	Орнату қиын және артық сәйкестендіруге бейім	Деректер анализіндегі бәсекелестікте тиімді	Үлкен деректермен жұмыс істеу кезінде баяу болуы мүмкін

Машиналық оқыту моделі – белгілі бір оқу мәселесінің қалай шешілетіндігінің математикалық көрінісі. Бұл машиналық оқыту алгоритмі деректерді талдайтын және олардан заңдылықтарды немесе тәуелділіктерді шығаратын оқу процесінің нәтижесі. Машиналық оқыту алгоритмдері ағымдағы қауіптерді анықтап қана қоймай, сонымен қатар тенденциялар мен мінез-құлық үлгілерін талдау арқылы ықтимал зиянды шабуылдарды болжай алады. Бұл шабуылдарды зиян келтірмес бұрын алдын алуға мүмкіндік береді. Көбінесе желілік мониторлар, кірудің алдын алу жүйелері және антивирустық бағдарламалар сияқты басқа киберқауіпсіздік жүйелерімен біріктіріліп, веб-беттердегі зиянды шабуылдарға қарсы кешенді қорғаныс жасайды [5].

### Нәтижелер мен талқылаулар

Әрбір модель бірегей сипаттамаларға ие және әртүрлі деректер түрлерімен және тапсырмалармен жақсырақ жұмыс істей алады. Модельді оңтайлы таңдау тапсырманың нақты мақсаттары мен талаптарына байланысты.

1 суретте көрсетілген корреляциялық жылу картасында біз объектінің (мысалы, веб-сайттың) зиянды екенін білдіретін әртүрлі сипаттамалар мен мақсатты айнымалы арасындағы сызықтық байланыс дәрежесін көреміз.

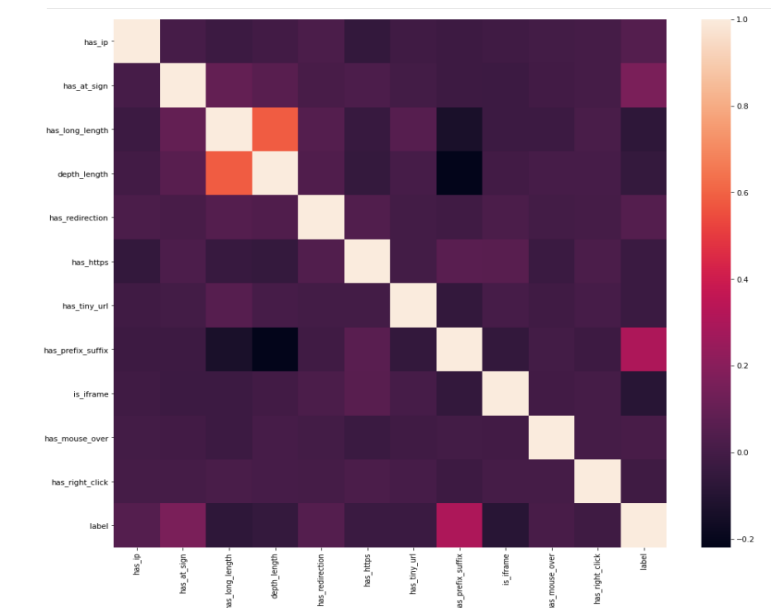
1 суреттегі картадан бірнеше бақылаулар жасауға болады:

1. «Label» – мен қиылысатын жол мен бағанда жеңілірек ұяшық бар «has\_long\_length» белгісі ерекше ерекшеленеді. Бұл ұзын URL мекенжайлары бар веб-сайттардың зиянды болуы ықтимал екенін көрсетеді, бұл қисынды, өйткені алаяқтар пайдаланушыларды алдау үшін күрделі және ұзын URL мекенжайларын жиі пайдаланады.

2. «Has\_at\_sign» белгісінде «label» қиылысында жеңіл ұяшық бар, бұл зиянды сайттармен оң корреляцияны көрсетуі мүмкін. URL мекен-жайында «@» белгісі болуы мүмкін, шабуылдаушылар заңды мекен-жайларға еліктеуге тырысатын фишингтік шабуылдар үшін қолданылады.

3. «Has\_ip» және «depth\_length» үшін «label» – мен корреляция да оң болып көрінеді, бірақ онша айқын емес. Бұл зиянды сайттар кейде IP мекенжайларын домендік атаулар ретінде пайдаланатынын және тереңірек URL құрылымын көрсетуі мүмкін.

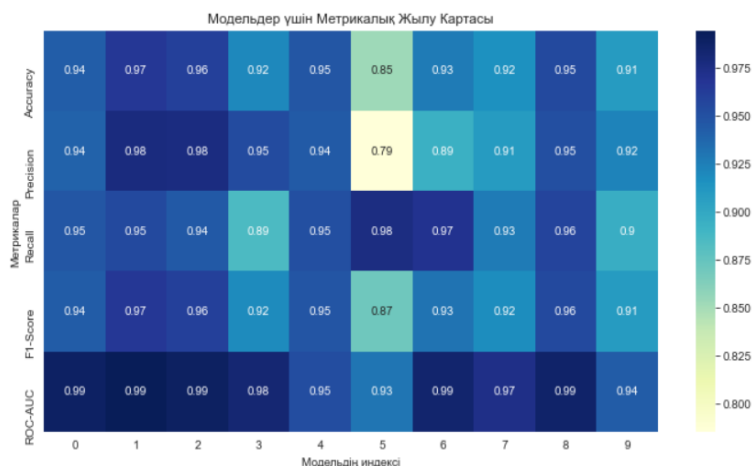
4. «Has\_redirection», «has\_https», «has\_tiny\_url», «has\_prefix\_suffix», «is\_iframe», «has\_mouse\_over» және «has\_right\_click» сияқты басқа белгілер осы жылу картасындағы мақсатты айнымалымен аз айқын байланысты көрсетеді. Бұл олардың жіктеу тапсырмасы үшін маңызды емес екенін білдірмейді, өйткені тек Пирсонның корреляция коэффициенттері арқылы талдауда көрінбейтін сызықтық емес қатынастар немесе аралас әсерлер болуы мүмкін.



1 сурет – Корреляциялық жылу картасы

2 суретте көрсетілген жылу картасының әрбір ұяшығы белгілі бір модель үшін метрикалық мәнге сәйкес келеді. Метрикалық мәндер ұяшықтардың ішінде көрсетілген және ұяшықтың түсі картаның оң жағындағы түс шкаласына сәйкес осы мәннің шамасын көрсетеді. Шкаланың жоғарғы жағы (көк түстің күңгірт реңктері) метрианың жоғары мәндерін, ал төменгі бөлігі (көк түстің ашық реңктері) төменгі мәндерді көрсетеді.

Мақсатты көрсеткіштер мен жоба талаптарына сүйене отырып, белгілі бір тапсырма үшін қай модельдер жақсы жұмыс істейтінін анықтай алады. Мысалы, егер дәлдік жоба үшін ең маңызды болса, ең жоғары дәлдік көрсеткіші бар модельді таңдау керек. Егер дәлдік пен толықтықтың теңдестірілген үйлесімі қажет болса, F1-баллға қарау керек.



2 сурет – Модельдерге арналған метрика картасы

2 суретте бес метрика бойынша машиналық оқытудың тоғыз түрлі моделінің өнімділігін бейнелейтін жылу картасы көрсетілген: Accuracy, Precision, Recall, F1-Score және ROC-AUC.

Көрсеткіштерді талдау:

Accuracy (дәлдік): бұл дұрыс болжамдар санының (шын оң + шын теріс) болжамдардың жалпы санына қатынасы. Ең жоғары дәлдіктегі Модель 0,97, ал ең төменгісі 0,85.

Болжамдардың дәлдігі (Precision): оң нәтижелер ретінде болжанғандардың қай бөлігі дұрыс болғанын көрсетеді. Мұнда ең жақсы мән – 0,98, ал ең жаманы – 0,79.

Толықтығы (Recall): модель оң деп дұрыс анықтаған шынайы оң жағдайлардың қаншалықты үлесін өлшейді. Толықтықтың ең жоғары мәні – 0.98, бұл модель оң жағдайларды жақсы анықтайтындығын көрсетеді.

F1-балл (F1-Score): дәлдік пен толықтықтың Гармоникалық орташа мәні, осы екі көрсеткіштің де теңдестірілген бағасын береді. F1 ұпайлары 0.87-ден 0.97-ге дейін өзгереді.

ROC-AUC: Roc қисығының астындағы аймақ-бұл модельдің әртүрлі сыныптарды ажырата білу қабілетінің өлшемі. ROC-AUC-тің ең жақсы мәні – 0.99, ең жаманы – 0.93.

Талдау жүргізу үшін көрсеткіштердің идеалды мәндері тапсырманың нақты шарттарына байланысты әр түрлі болуы мүмкін екенін ескеру қажет. Мысалы, медициналық диагностикада оң жағдайларды жіберіп алмау үшін жоғары толықтық өте маңызды болуы мүмкін, тіпті егер бұл дәлдіктің төмендеуіне әкелсе де.

Жылу картасына сүйене отырып, талдаушы мақсатты көрсеткіштер мен жоба талаптарына сүйене отырып, белгілі бір тапсырма үшін қай модельдер жақсы жұмыс істейтінін анықтай алады. Мысалы, егер дәлдік жоба үшін ең маңызды болса, ең жоғары дәлдік көрсеткіші бар модельді таңдау керек. Егер дәлдік пен толықтықтың теңдестірілген үйлесімі қажет болса, F1-баллға қарау керек.

3-суреттегі график жіктеу тапсырмасында машиналық оқытудың әртүрлі модельдерінің өнімділігін көрсетеді, мүмкін зиянды бағдарламаны анықтауға байланысты, оны график қолданылатын контекстке сүйене отырып растауға немесе жоққа шығаруға болады.

– Логистикалық регрессия: F1-Score-дан басқа барлық көрсеткіштер бойынша тұрақты жоғары нәтижелерді көрсетеді, онда ол аздап төмендейді. Бұл модель дәлдік пен толықтық арасында жақсы теңдестірілген деп болжайды [6].

– Кездейсоқ орман: ROC-AUC метрикасы бойынша ең жоғары мәндерге ие, бұл оның сыныптарды ажырата білу қабілетін көрсетеді. Дәлдік пен толықтық көрсеткіштері де өте жоғары.

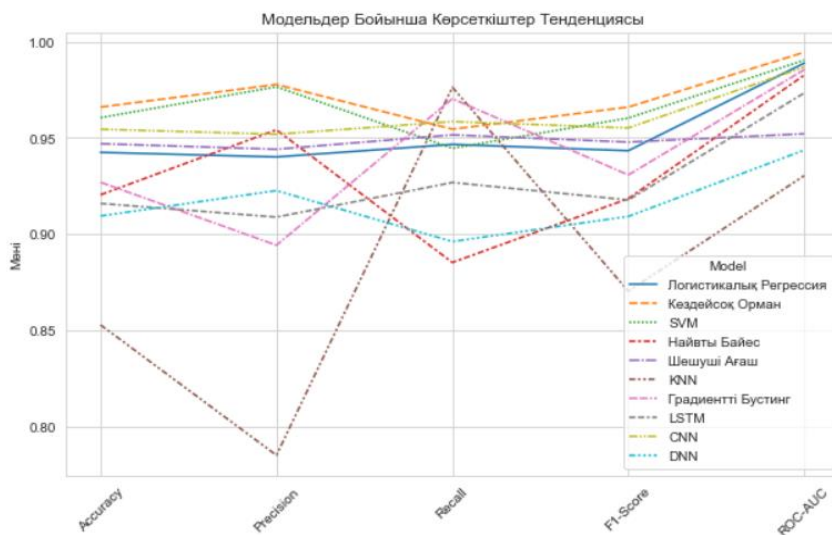
– SVM (анықтамалық векторлық Машина): барлық көрсеткіштер бойынша салыстырмалы түрде тұрақты, бірақ F1-Score және ROC-AUC-та айтарлықтай құлдырау бар, бұл оның дәлдік пен толықтық арасындағы тепе-теңдікті нашар басқаратынын көрсетеді.

– Аңғал Байес: дәлдік пен толықтықта жақсы нәтиже көрсетеді, бірақ оның F1-Score және ROC-AUC жақсарту мүмкіндігі туралы ойлануға мәжбүр етеді.

– Шешім ағашы және KNN (К әдісі-жақын көршілер): екі модель де ROC-AUC метрикасы бойынша төмен көрсеткіштерді көрсетеді, бұл зиянды бағдарламаны анықтауда маңызды.

– Градиентті бустинг: жалпы өнімділігі жақсы, бірақ оның сызығы ROC-AUC метрикасында аздап төмендеуді көрсетеді, бұл сыныптарды ажырату қабілетінің төмендеуін көрсетеді.

– LSTM, CNN (Конволюциялық нейрондық желі) және DNN (терең нейрондық желі): әдетте үлкен деректері бар күрделі тапсырмалар үшін немесе уақыт серияларын талдау (LSTM) үшін қолданылатын бұл үш модель әртүрлі өнімділікті көрсетеді. Әсіресе LSTM барлық көрсеткіштер бойынша қатты тербелістерді көрсетеді, бұл оқу деректер жиынтығының ерекшеліктеріне немесе модельдің параметрлеріне байланысты болады [7].



3 сурет – Модельдер бойынша көрсеткіштер тенденциясы

3-сурет бойынша зиянды бағдарламаны анықтаудың ең жақсы моделін таңдау үшін тапсырманың нақты талаптарын ескеру қажет. Егер жалған оң позитивтерді азайту маңызды болса (мысалы, пайдаланушы қауіпсіз бағдарламаларды бұғаттауға байланысты қолайсыздықты сезінбеуі керек), дәлдікке назар аудару керек.

Терең оқыту алгоритмдері-бұл оқуға және болжам жасауға немесе деректерге негізделген шешім қабылдауға қабілетті модельдер жасау үшін қолданылатын машиналық оқытудың жетілдірілген әдістері. Олар адам миының жұмысын имитациялайтын нейрондық желілерге негізделген. Мұнда терең оқытудың бірнеше негізгі алгоритмдері берілген:

Конволюциялық нейрондық желілер (CNN): негізінен кескінді тану, бейнені талдау және кескінді өңдеу сияқты компьютерлік көру тапсырмалары үшін қолданылады [8].

Ұзақ мерзімді және қысқа мерзімді жад желілері (LSTM): жад күйлерін енгізу арқылы жойылып бара жатқан градиент мәселесін шешу үшін арнайы әзірленген RNN түрі. Бұл оларға ұзақ уақыт бойы ақпаратты тиімді өңдеуге және есте сақтауға мүмкіндік береді [9].

Бұл алгоритмдердің әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері бар және тапсырманың ерекшелігіне және өңделетін деректер түріне байланысты қолданылады. Терең оқыту автоматтандырылған жүргізуден бастап дәрі-дәрмектерді әзірлеуге және қаржылық



тенденцияларды болжауға дейінгі әртүрлі салаларға инновациялар әкелу арқылы дамуын жалғастыруда [10].

### **Қорытынды**

Веб-беттердегі зиянды жарнамалық бағдарламаларды анықтау үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдануға бағытталған зерттеу цифрлық ортаның қауіпсіздігін жақсартудағы деректерге негізделген тәсілдердің айтарлықтай әлеуетін көрсетті. Жұмыс аясында логистикалық регрессия моделі жасалды, оның жоғары дәлдігі мен толықтығы жылу картасы түріндегі тиісті көрсеткіштермен расталған, оның заңды және зиянды мазмұн арасындағы жіктеу мен саралаудағы тиімділігін көрсетеді.

Машиналық оқыту әдістері арқылы зиянды бағдарламалық құралды анықтау алдын алу киберқауіпсіздігінде жаңа көкжиектерді ашады. Атап айтқанда, зиянды қауіптерді анықтауда дәлдік пен толықтықтың теңдестірілген арақатынасын көрсеткен логистикалық регрессияны қолдану неғұрлым күрделі қорғаныс жүйелерін дамытуға негіз бола алады. Мұндай жүйелер жаңа қауіптерге бейімделе алады, олардың дерекқорларын жедел жаңартады және анықталған қауіптерді бейтараптандыру шараларын автоматты түрде қолдана алады.

Сонымен қатар, зерттеу үнемі өзгеріп отыратын киберқауіптер ландшафтында жүйенің өзектілігін сақтау үшін ауқымды оқыту үлгілерін жинау және үлгілерді үнемі жаңарту қажеттілігі туралы маңызды сұрақтарды көтереді. Болашақ жұмыс модельдердің күрделі және жасырын зиянды бағдарламаларды тану қабілетін жақсарту үшін терең оқыту мен нейрондық архитектураны біріктіруге бағытталуы мүмкін.

Осы зерттеудің нәтижелері ғылыми қоғамдастыққа киберқауіпсіздік контекстінде машиналық оқытудың теориялық негіздерін одан әрі тереңдетуге және цифрлық ортаны барлық пайдаланушылар үшін қауіпсіз ете отырып, нақты уақыт режимінде киберқауіптерге төтеп бере алатын практикалық шешімдерді әзірлеуге байланысты жаңа міндеттер қояды.

### **References**

1. Oshingbesan A. Detection of Malicious Websites Using Machine Learning Techniques. *Cryptography and Security (cs.CR) / A. Oshingbesan, et al // Machine Learning (cs.LG) – 2022. Vol. 1. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30165.14565>.*
2. Akhtar M.S. Malware Analysis and Detection Using Machine Learning Algorithms. / M. S. Akhtar & T. Feng // *Symmetry. – 2022. – № 14(11). – P. 2304. <http://dx.doi.org/10.3390/sym14112304>.*
3. Saxe J. Deep Neural Network Based Malware Detection Using Two Dimensional Binary Program Features / J. Saxe & K. Berlin // *10th International Conference on Malicious and Unwanted Software (MALWARE). – 2015. <http://dx.doi.org/10.1109/MALWARE.2015.7413680>.*
4. Shijo P.V. Integrated Static and Dynamic Analysis for Malware Detection / P.V. Shijo & A. Salim // *Procedia Computer Science. – 2015. – № 46. P. 804-811. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.02.149>.*
5. Alazab M. Malware Detection Systems: The Need for Machine Learning Algorithms / M. Alazab M. et al // *Springer Nature. – 2020. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-16-7618-5\\_53](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-16-7618-5_53).*
6. Shin S.-S. A Heterogeneous Machine Learning Ensemble Framework for Malicious Webpage Detection / S.-S. Shin, S.-G. Ji & S.-S. Hong // *Applied Sciences. – 2022. – № 12(23). P. 12070. <http://dx.doi.org/10.3390/app10030936>.*
7. Anis F.M. Interpretable Machine Learning Models for Malicious Domains Detection Using Explainable Artificial Intelligence (XAI) / F.M. Anis, R.M. Aljuaid & R. Baageel // *Sustainability. – 2022. – № 14(12). P. 7375. <http://dx.doi.org/10.3390/su14127375>.*
8. Khan T.A. Significance of Machine Learning for Detection of Malicious Websites on an Unbalanced Dataset / T.A Khan & R. Kouatly // *Digital. – 2020. № 2(4). P. 501-519. <http://dx.doi.org/10.3390/digital2040027>.*
9. Akhtar M.S. Malware Analysis and Detection Using Machine Learning Algorithms / M.S. Akhtar & T. Feng // *Symmetry. – 2022. № 14(11). P. 2304. <http://dx.doi.org/10.3390/sym14112304>.*
10. Detection of Malicious Websites Using Machine Learning Techniques / A. Oshingbesan et al. – 2022. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30165.14565>.

**Н.Е.Рахимбай\*, К.Б. Тусупова**  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71  
\*e-mail: nazerke.rkh@gmail.com

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ РЕКЛАМНЫХ ПРОГРАММ НА ВЕБ-СТРАНИЦАХ**

*В статье рассматривается проблема распространения вредоносных рекламных программ через веб-страницы, которые представляют серьезную угрозу конфиденциальности и безопасности пользователей интернета. Использование алгоритмов машинного обучения для обнаружения и нейтрализации вредоносных рекламных программ, встроенных в Веб-страницы. Сосредоточив внимание на методах обработки данных, извлечения меток и классификации, машинное обучение подробно анализирует, как оно может улучшить процессы обнаружения вредоносных программ. Различные алгоритмы машинного обучения, включая логистическую регрессию, деревья решений, случайный лес, наивные байесовские и ансамблевые методы, изучаются для определения их эффективности в различении вредоносного и законного рекламного контента.*

*Описана методика построения обучающих и тестовых моделей, включающая данные о вредоносных и безопасных рекламных модулях. Различные подходы к машинному обучению, включая обучение с учителем, обучение без учителя и методы глубокого обучения, анализируются для выявления скрытых моделей вредного поведения. Результаты исследования показывают, что использование алгоритмов машинного обучения позволяет с высокой точностью обнаруживать вредоносные рекламные программы, что может стать основой для разработки более эффективных инструментов кибербезопасности. Также обсуждаются потенциальные проблемы и ограничения существующих методов, а также предлагаются направления для дальнейших исследований по выявлению вредоносных рекламных программ с помощью машинного обучения.*

**Ключевые слова:** машинное обучение, вредоносное ПО, кибербезопасность, искусственный интеллект, веб-страницы.

**N.E. Rakhimbay\*, K.B. Tusupova**  
Al-Farabi Kazakh National University,  
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71  
\*e-mail: nazerke.rkh@gmail.com

## **USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS TO DETECT MALICIOUS ADVERTISEMENTS ON WEB PAGES**

The article examines the problem of the spread of malicious advertising programs through web pages that pose a serious threat to the privacy and security of Internet users. Using machine learning algorithms to detect and neutralize malicious advertising programs embedded in Web pages. By focusing on data processing, tag extraction, and classification techniques, machine learning analyzes in detail how it can improve malware detection processes. Various machine learning algorithms, including logistic regression, decision trees, random forest, naive Bayesian and ensemble methods, are being studied to determine their effectiveness in distinguishing malicious and legitimate advertising content.

A methodology for building training and test models, including data on malicious and secure advertising modules, is described. Various approaches to machine learning, including teacher-led learning, unsupervised learning, and deep learning techniques, are being analyzed to identify hidden patterns of harmful behavior. The results of the study show that the use of machine learning algorithms makes it possible to detect malicious advertising programs with high accuracy, which can become the basis for the development of more effective cybersecurity tools. Potential problems and limitations of existing methods are also discussed, as well as directions for further research on detecting malicious advertising programs using machine learning.

**Key words:** machine learning, malware, cybersecurity, artificial intelligence, web pages.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Назерке Рахимбай** – магистрант, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, e-mail: nazerke.rkh@gmail.com

**Камшат Тусупова** – PhD, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, e-mail: kamshat-0707@mail.ru

### Сведения об авторах

**Назерке Рахимбай** – магистрант кафедры «Информационные системы», Казахский национальный университет им. аль-Фараби, e-mail: nazerke.rkh@gmail.com

**Камшат Тусупова** – PhD, старший преподаватель кафедры «Информационные системы», Казахский национальный университет им. аль-Фараби, e-mail: kamshat-0707@mail.ru

### Information about the authors

**Nazerke Rakhimbay** – Master's student of the Department of Information Systems, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: nazerke.rkh@gmail.com.

**Kamshat Usupova** – PhD, Senior Lecturer at the Department of Information Systems, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: kamshat-0707@mail.ru.

Редакцияға енуі 11.04.2024

Жариялауға қабылданды 13.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-7

FTAXP: 81.93.29



**Ж.К. Абдугулова, М.Н.Тлеген\*, Т.М. Төлеубеков**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті  
10000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сатпаев к-сі, 2  
\*e-mail: meruert-0202@mail.ru

## МУЛЬТИРОТОР ТИПТІ ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРАСТЫРУ

**Аңдатпа:** Мультиротор типті ұшқышсыз ұшу аппаратының басқару жүйесін зерттеу және құрастыру қарастырылды. ҰҰА толықтай ақпарат беріліп, қазіргі таңдағы маңыздылығы анықталды. Басқару объектісі ретінде квадрокоптер алынды. ҰҰА зерттеп, олардың түрін ажыратып талдау және басқару объектісі квадрокоптердің құрлымын, жұмыс істеу принципі зерттелді және оның қозғалысына байланысты математикалық моделі жасалды. ҰҰА-ның дизайны және формасына, жұмыс істеу принципіне байланысты мультироторлы, бекітілген қанатты, бір роторлы-ұшқышсыз тікұшақ, гибридті түрлері ажыратылды. ҰҰА-ның мультироторлы типі, соның ішінде квадрокоптердің құрлымы мен бөлшектері қарастырылды, олардың түрлеріне және құрлымына байланысты түсініктеме берілді. Жұмыс істеу принципіне талдау жасалды. Квадрокоптерді басқару негізінен жердегі оператор және борттық жүйе болып екі бөлікке бөлінеді бөлінеді. Жердегі оператор өзіне керекті биіктікті, бағытты таратқыш, яғни, басқару пульті арқылы ақпаратты квадрокоптерге береді. Таратқыштар көбінде 4 арналы болып келеді және ол 2.4 GHz жиілігінде жұмыс істейді. Кейбір таратқыштарда бұл арналардың саны 7 немесе 10-ға жетуі мүмкін. Борттық жүйедегі қабылдағыш ақпаратты қабылдап оны ҰК-ға берді. ҰК-і операторға керекті бағытқа бұрылу үшін әр қозғалтқышқа берілетін күштің, кернеудің, жылдамдықтың есептеулерін жасайды. Ал қозғалтқыштарға керекті жылдамдықты реттеу үшін электронды жылдамдықты реттегіш қолданылады. Әр қозғалтқыштың жылдамдығын өзгерту арқылы оның бағытын өзгертеміз. Квадрокоптердің ұшу бағытының өзгеріс түрлеріне бұрандалардың әсері, яғни, әр бұрандаға әсер ететін тарту күшінің әсерінен аппараттың бағытының өзгерісі анықталды. Аппараттың қозғалысының крен, рыскание, тангаж, төмен-жоғары, алдыға-артқа, оңға – солға 6 бағыты болады.

**Түйін сөздер:** Ұшқышсыз ұшу аппараттары, Мультикоптер, Басқару объекті, Дрон.

**Кіріспе.** Қазіргі уақытта автоматты техниканы дамытудың арқасында ұшқышсыз авиациялық жүйелерді, сондай-ақ олардың негізіндегі кешенді шешімдерді қолдану айтарлықтай кеңеюде. Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) – бұл заманауи, қазіргі таңдағы өте жоғарғы қарқынмен дамып келе жатқан ірі көлемдегі ұшу аппараттарынан (ҰА) пайдалану мүмкін емес жағдайларда немесе адам өміріне қатер төндіретін жағдайларда қолдануға арналған авиациялық техниканың бір түрі.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) техниканың дамуына байланысты көптеген авиациялық компаниялардың ең басты өнімдеріне айналады. Аэроғарыштық инженерлерді шығаратын көптеген университеттер кейбір ерекше салаларда, сондай-ақ оқу мақсаттары үшін зерттеу үшін өздерінің ҰҰА-тын дамыту бағдарламаларын жасайды. Қолданыстағы және перспективалы ҰҰА-ын талдау, қазіргі уақытта ұтымдылығы көптеген елдердің әзірлеушілерінің тәжірибесімен расталған, аппараттардың әрбір сыныбы үшін қолайлы схемалар мен құрастырулар анықталғанын көрсетеді және оның бірнеше себебі бар. Біріншіден, ҰҰА-ның қауіпсіздік мәселесін жоғарғы деңгейде шешуі. Екіншіден, ұшқышсыз жүйе операторын дайындау ұшқыш дайындаудан оңай әрі көп уақытты талап етпейді. Үшіншіден, ұшқыштың болмауы борттық жүйені болдырмауға, ұшақ көлемін және массасын азайтуға мүмкіндік береді. Төртіншіден, бағасы жағынан дәстүрлі ұшу аппаратына қарағанда әлде қайда арзан.

Мультикоптер – бұл крест немесе жұлдызша формалы ұштарында қозғалтқыштары бар ұшу аппараты. Қозғалтқыштары бір орынға бекітілген. Контроллер борттық компьютер, аккумуляторлар, датчиктер және басқа да перифериялық құрылғылар мүмкіндігінше раманың ортасында орналасады. Автономды ұшу режимдерінде мультикоптерлерді қолдану тиімді. Басқару қашықтан басқару пульті арқылы жүзеге асырылады, онда оператор адам квадрокоптердің бағытын және оның биіктігін белгілейді немесе квадрокоптер өздігінен жүруі керек бағытты көрсетеді. Тәуелсіз жұмыс істеудің нұсқалары мүмкін, мысалы, борттық камерадан бейне деректерге сәйкес. Квадрокоптер адамға ауыр емес заттарды көтеруге, фото немесе бейне түсірілім үшін қолданылады. Ұшқышсыз ұшу аппаратын курьерлер ретінде пайдалану аз адамдарды тартуға мүмкіндік береді және қалалық жол желісіне жүктемені азайтады.

Ұшақ қозғалуы үшін басқару жүйесін жобалау қажет. Басқару жүйесінің негізгі бөлшегі – реттеуші – бұл басқару объектісінің күйін жүйе ретінде бақылайтын және ол үшін басқару сигналдарын шығаратын құрылғы болып табылады. Реттегіштер басқару объектісінің кейбір параметрлерінің өзгеруін бақылайды және кейбір басқару алгоритмдерін қолдана отырып, олардың өзгеруіне жауап береді.

### **Зерттеу шарттары мен әдістері**

Басқару объекті ретінде мультироторлы ұшқышсыз ұшу аппаратының бір түрі – квадрокоптер қарастырылады. Квадрокоптер – бұл қашықтан басқару пульті арқылы басқарылатын төрт бұрандасы бар ұшқышсыз ұшу аппараты (сурет 1). Квадрокоптердің таңдалуы, ҰҰА-ның азаматтық мақсатта ең көп қолданыста болуы, берілген бағыт бойынша квадрокоптердің ұшуын басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін басқару жүйесін әзірлеу өзекті болып табылады.

Азаматтық өмірде дрондарды қолдану жыл сайын артып келеді. Дрондарды әскери мақсатта қолдану қазірдің өзінде кең таралған. Қазір дрондардың көмегімен барлау, ауаның ластануы мен радиоактивтілігін бағалау жүргізіледі, нысандарды күзету, пошта, сәлемдемелер жеткізіледі, оқиға орнына медициналық құрылғылар мен дәрі-дәрмектерді, өрт сөндіргіштерді жеткізу, тіпті оқ-дәрілерді жеткізу сияқты қызыметтерді атқарады.

«Дрон» – бұл ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА), бортында ұшқыш- адамы жоқ ұшу аппараты. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының 4 негізгі түрі бар:

- Мультироторлы дрондар;
- Бекітілген қанаты бар дрондар;
- Бір роторлы дрондар;
- Гибридті дрондар.

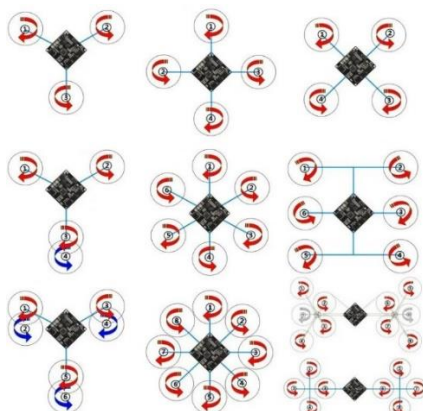
Мультироторлы дрондар – бұл кәсіпқой да, әуесқой да қолданатын дрондардың ең көп таралған түрлері. Бұл дрондар платформаға орнатылған қозғалтқыштар санына байланысты 3, 4, 6, 8 қозғалтқышты болып бөлінеді. Сонымен, төрт қозғалтқышы бар дрон-трикоптер, төрт қозғалтқышы бар дрон-квадрокоптер, алты қозғалтқышты-гексакоптер, сегіз қозғалтқышты-октокоптер деп аталды. Ұшу кезінде ұшақ жер бетіне қатысты көлденең позицияны ұстайды және белгілі бір жерден жоғары көтеріліп, солға, оңға, алға, артқа, жоғары және төмен

қозғалады, сонымен қатар өз осінің айналасында бұрыла алады. Барлық әрекеттер әр қозғалтқышқа берілетін күшті өзгерту арқылы жасалады [3].



Сурет 1 – Квадрокоптер

Мультироторлы дрондардың бұрандалар саны артқан сайын оның айналу бағыты мен орналасуы әр түрлі болады (сурет 2). Әдетте трикоптердің үш, квадрокоптердің екі, гексакоптердің екі, октокоптердің үш түрлі қозғалтқыш орналасуы және бұрандалар айналу бағыты ажыратылады.



Сурет 2 – Мультироторлы дрондар бұрандалары айналу бағыты

Мультироторлы дрондардың бұрандалар санының айырмашылығы оның жұмысының сипаттамасына үлкен әсер етеді. Трикоптер мен квадрокоптердің салмағы жеңіл болғандықтан жылдамдығымен ерекшеленеді. Гексакоптерлер мен октокоптерлер-ең тұрақты, қымбат және ауыр аппараттар. Мұндай аппараттарды зат көтеруде, жоғары сапалы фото және бейне түсірілімде қолданады, мұнда қуатты қозғалтқыштар мен энергия көзі қолданылады. Бірақ жабдық неғұрлым күрделі болса және оның маңызды түйіндері неғұрлым көп болса, ұшқышсыз құрылғының істен шығу ықтималдығы соғұрлым жоғары болады. Гексакоптер және одан жоғары мультироторлы дрондар жағдайында, егер қозғалтқыштардың біреуі істен шықса, аппарат апаттық апаттық жағдайда қонуды жүзеге асыра алады.

Жылжымайтын қанаты бар дрондардың көпшілігінде орташа ұшу уақыты бірнеше сағатқа созылады. Газ қозғалтқышы бар дрондар 16 сағатқа дейін және одан да көп уақыт ұшуға болады. Ұшу уақыты мен жанармай үнемділігі жоғары болғандықтан, жылжымайтын қанаты бар ұшқышсыз ұшу аппараттары ұзақ мерзімді операциялар үшін өте қолайлы болып табылады.

Бекітілген қанатты ұшқышсыз ұшқыштардың басқа кемшіліктері – бұндай дронда ұшу үшін қажетті басқару дағдыларын персоналды оқытуға кететін шығындар. Бекітілген қанаты бар дронды ауаға көтеру оңай емес. Жылжымайтын қанаты бар дрондардың көптеген түрі ауаға өздігінен көтеріле алмайды. Ауаға шығару және көтеру үшін арнайы «ұшу-қону жолағы» немесе катапульт түріндегі ұшыру қондырғысы қажет (сурет 3). Мұндай қондырғылар аппараттың ұшу кезінде оған алдыға жылжуына қосымша күш береді. Құрылғыны жерге қауіпсіз қондыру үшін ұшу-қону жолағы, парашют немесе тор қажет. Бір роторлы ҰҰА нақты тікұшақтарға өте ұқсас. Көп роторлы дроннан айырмашылығы, бір роторлы дронда бір үлкен бір үлкен негізгі бұранда және бағытты басқару үшін аппараттың артқы бөлігінде бір кішкене бұранда болады. Бір роторлы дрондар көп роторлы нұсқаларға қарағанда әлдеқайда тиімді. Олардың ұшу уақыты ұзағырақ және іштен жанатын қозғалтқыштармен жұмыс істей алады.



Сурет 3 – Дронды ұшыруға арналған қондырға

Аэродинамикада бұрандалардың саны неғұрлым аз болса, объектінің жалпы айналуы соғұрлым аз болады. Бұл квадрокоптерлердің октоптерлерге қарағанда тұрақты болуының басты себебі. Бір роторлы дрондар көп роторлы дрондарға қарағанда тиімді байланысты жоғары шығындар мен пайдалану шығындарына ие. Олар сондай-ақ басқару үшін арнайы операторлар даярлауды қажет етеді. Гибридті дрондар – жаңа буын датчиктерінің гироскоптар мен акселерометрлер пайда болуымен құрылымның гибридтілігі жаңа өмір мен даму бағытын алды.

Басқару объектіні сипаттау. Квадрокоптер – бұл төрт бұрандасы бар тікұшақ схемасы бойынша жасалған ұшу аппараты. Мультироторлы ҰҒА ХХІ ғасырда ұшқышсыз ұшу аппараттар ретінде жаңа сипатта жасалды. Құрлымының қарапайымдылығына байланысты квадрокоптерлер әуесқой модельдеуде жиі қолданылады. Мультикоптер қымбат емес аэрофототүсірілімдер мен түсірілімдер үшін ыңғайлы – үлкен камералар бұрандалар айналу аймағынан шығарылады. Квадрокоптерлерде төрт тұрақты винт бар. Әрбір бұранда өз қозғалтқышымен қозғалады. Бұрандалардың жартысы сағат тілімен, жартысы сағат тіліне қарсы айналады. Квадрокоптерлерді бұрандалардың айналу жылдамдығын өзгерту арқылы маневр жасалады. Микропроцессорлық жүйе радиобасқару командаларын қозғалтқыш командаларына аударады. Тұрақты бір орында тұруды қамтамасыз ету үшін мультироторлы дрондардың құрылғының орамасын бекітетін үш гироскоппен қамтамасыз етілуі керек. Көмекші құрал ретінде кейде акселерометр де пайдаланылады, оның деректері процессорға абсолютті көлденең позицияны орнатуға мүмкіндік береді және құрылғыны қажетті биіктікте бекітуге мүмкіндік беретін қысым датчигі. Датчиктер автоматты қону және төмен биіктікті сақтау, кедергілерді айналып өту үшін қолданылады.

Қазіргі заманғы мультикоптерлер энергия көзі ретінде электр қозғалтқыштары мен литий полимерлі батареяларды пайдаланады. Радио сигналының күшейткіштерін және бағытталған антенналар жүйесін қолданатын ұқсас жабдықтардың ең жақсы үлгілері 100 км қашықтықта тұрақты радио бақылау мен бейне роликті қамтамасыз ете алады. Мультикоптерлердің әрекет ету радиусына ең үлкен шектеу ұшу уақытын белгілейді. ҰҒА негізгі элементтерінің бірі, квадрокоптердің рамасы квадрокоптердің мақсатына байланысты таңдалады. Кішкентай дрондар акробаттар мен жарыстар үшін қолданылады, өйткені олар қатты және тұрақсыз. Керісінше, аэрофототүсірілім үшін үлкенірек дрондар қолданылады, өйткені олар тегіс ұшу кезінде тұрақты болады.

Бұрандалар аппараттың қажетті өнімділігі мен биіктігін алу үшін қозғалтқыштың жылдамдығына және тарту күші мөлшеріне байланысты таңдалады. Әрбір бұранда, ең болмағанда, кеңістікте бір орында тұру үшін қозғалтқыштың айналу диапазонында айналу кезінде аппараттың салмағының  $\frac{1}{4}$ -не тең тарту күшін қамтамасыз етуі тиіс. Квадрокоптерде екі бұранда сағат тілімен, ал қалған екеуі бұрандалардың айналу нәтижесінде пайда болған моментті теңестіру үшін сағат тіліне қарсы бұрылады. Бұрандаларды диаметрі мен қадамы бойынша таңдауға болады, бұл ұзындығы мен бір айналымнан өткен қашықтықты білдіреді, әдетте дюйммен белгіленеді.

Квадрокоптер үшін щеткасыз тұрақты қозғалтқыштар (BLDC) қолданылады, өйткені олар щетка қозғалтқыштарына қарағанда көбірек момент береді және щетка қозғалтқыштары сияқты жиі техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді. BLDC-нің айналымына байланысты екі түрі бар: ішкі және сыртқы, сәйкесінше қозғалтқыштың ішкі және сыртқы айналмалы бөлігі. Кірістірілген бағыттағыштар сыртқы бағыттағыштармен салыстырғанда тезірек айналады, ал сыртқы бағыттағыштар көбірек момент береді, бұл оларды квадрокоптерлер үшін танымал етеді. Қозғалтқыштар әр түрлі номиналды кВ мәндерімен қол жетімді, бұл батареямен қамтамасыз етілген максималды кернеуге көбейтілген кезде қозғалтқыштың максималды жылдамдығын береді. Үлкен бұрандалар үшін төмен кернеулі қозғалтқыштар және жоғары кернеулі төрт кішкентай бұрандалар таңдалады.

Квадрокоптерде қолданылатын қозғалтқыштарды негізінен екі топқа бөлуге болады. Олар: ротордың орналасу датчиктерімен және датчиксіз. Көптеген аппараттарда датчиксіз қозғалтқыштар қолданады. Электрондық жылдамдықты реттегіштер (Э.Ж.Р.) бұл электр қозғалтқышының жылдамдығын басқаратын және реттейтін электрондық схема болып табылады. Ол қозғалтқыштың кері қозғалысын және динамикалық тежелуді қамтамасыз ете алады. Миниатюралық электрондық жылдамдық реттегіштері электр жетегі бар модельдерде қолданылады. (Э.Ж.Р.) қозғалтқыштар тұтынатын максималды ток негізінде таңдалады.

Жұмыс істеу принципі: батареядан кернеу және ұшу контроллерінен сигналдар ESC кірісіне беріледі, ал басқару жетегі басқару кернеуін шығысқа береді.

Электрондық жылдамдықты реттегіштертер BEC және UBEC екі түрге бөлінеді.

BEC (Battery Eliminator Circuit) – өзінің кіріктірілген кернеу тұрақтандырғышы бар реттегіш. Мұндай модельдің орташа қуаты-5В, ол қабылдағышты және квадрокоптердің көптеген басқа жабдықтарын қуатпен қамтамасыз етеді. BEC екі түрі болады: сызықтық (LBEC) және импульстік (SBEC).

– Сызықтық реттегіш энергияны жылуға айналдырады, қызып кеткен кезде ол өшеді;

– Импульстік жылдам қосу және өшіру арқылы кернеуді реттейді, бұл тәсіл қызып кетуді болдырмайды, шығыс қуатын арттырады және 90% тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік берді, сондай-ақ импульстік BEC сызықтық BEC-қа қарағанда салмақта жеңеді. UBEC universal BEC немесе кейде ultimate BEC деп аталады. Ол ESC- де кіріктірілген BEC болмаған кезде немесе автономды қуат жүйесі қажет болған кезде қолданылады. Реттегіштің бұл түрі тиімдірек, сенімді және BEC-ге қарағанда көбірек ток бере алады. UBEC негізгі мультикоптер батареясына тікелей қосылады [18].

Кез-келген ұшу аппараттарының, соның ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттарының негізгі сипаттамасы-ұшудың практикалық ауқымы. Бұл негізінен құрылғының энергетикалық қондырғысы сақтайтын энергия мөлшеріне байланысты. Квадрокоптерлер энергия қондырғыларының үш негізгі түрімен сипатталады:

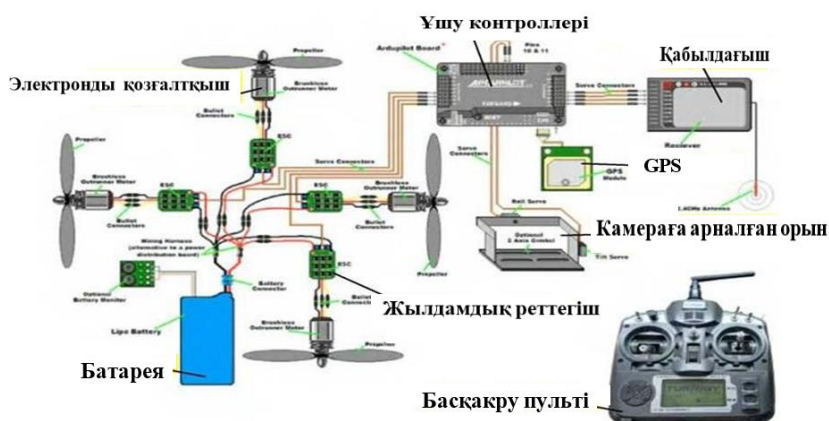
- Литий-полимерлі қайта зарядталатын батареялар;
- Отын элементтері;
- Ықшамды ІЖҚ және буферлік АКБ базасындағы гибриді энергетикалық қондырғы.

Энергия көзі квадрокоптердің ұшуына, ұшу уақытына, жылдамдыққа және тартуға айтарлықтай әсер етеді. Қуатты батареяны таңдау жоғарыда аталған ұшу сипаттамаларын жақсартады. Алайда, таңдалған қозғалтқыштар үшін ұсынылған батареяларды пайдалану әрқашан маңызды, өйткені қуатты батареялар қозғалтқыштың қызып кетуіне әкеліп соғуы мүмкін, нәтижесінде оның өртенуіне әкеледі. Батарея квадрокоптер тұтынатын максималды ток негізінде таңдалады.

Таратқыш-бұл ұшқыш пен ұшқышсыз ұшу аппараттарының арасындағы байланыс әдісі. Таратқыш адам командаларын әртүрлі ұшу операциялары үшін көлік құралының сигналдарына айналдырады. Таратқышты таңдағанда, ең бастысы - арналардың саны. Қажетті тарату арналарының ең аз саны крен, тангаж, рыскания және ұшу бойынша негізгі операцияларды орындау қажет. Таратқыштар көбінде 4 арналы болып келеді және ол 2,4 GHz жиілігінде жұмыс істейді. Бірақ тарату арналар саны 7 немесе 10 болатын таратқыштарда болады [9].

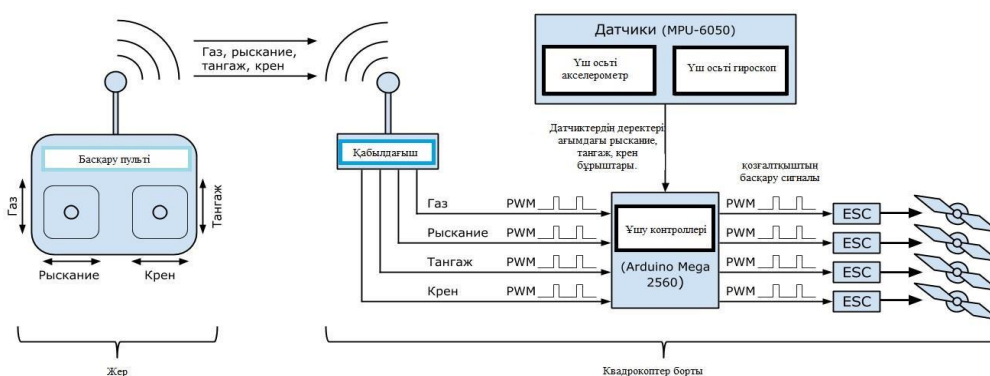
Барлық заманауи басқару жабдықтары 2,4 GHz жиілігінде жұмыс істейді.

Қабылдағыш таратқыштан радио сигналын қабылдайды және оны микроконтроллер үшін электр сигналына айналдырады. Арналардың саны мен түрі қабылдағышты таңдағанда ескеріледі. Ұшу контроллері квадрокоптердің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, ол көлік құралының миы болып саналады. Ұшу контроллері датчиктерден деректерді алады және әртүрлі маневрлерді орындау кезінде көлік құралының іс-қимылын басқару стратегиясында жасалған есептеулерді орындайды. Квадрокоптер бірнеше негізгі элементтерден тұрады, олардың көпшілігінсіз тұрақтандырылған ұшу мүмкін емес. Біріншіден, бұл барлық түсетін ақпаратты өңдейтін және оны қозғалтқыштар үшін сигналдарға түрлендіретін ұшу контроллері. Контроллер кіріс ақпаратты жиі импульстік ені модуляциясы бар цифрлық сигнал ретінде қабылдайды. Ауада толық бағдарлау үшін төрт арна жеткілікті: тарту күші, рыскание, тангаж және крен. Ұшу диспетчерлерінің кейбір үлгілері ұшу режимдерін пайдалану мүмкіндігін де қамтамасыз етеді – содан кейін кіріс сигналында қосымша арналар пайда болады. Бөлшектердің байланысуы сұлбасы 4-ші суретте көрсетілген.



Сурет 4 – Бөлшектердің байланысуы сұлбасы

Датчиктер тақтаның ауадағы орнын сипаттайтын контроллердің кірістеріне қосылған. Осы деректер негізінде контроллер шығыс сигналына автоматты түрде түзетулер енгізеді. Сигнал шығыста төрт бұранданың әрқайсысының жылдамдығына пропорционалды сәйкес кернеу мәндерін алатындай етіп өңделеді. Контроллердің шығысынан сигнал, сонымен қатар импульстік ені модуляцияланған, жоғары қуат сигналын басқаратын, оны тікелей қозғалтқыштың өзіне беретін PID реттегішіне өтеді.



Сурет 5 – Квадрокоптердің басқарылуының сұлбасы

Кез келген техникада ұшудың негізгі принциптері аэродинамикамен сипатталған және квадрокоптерлер де ерекшелік емес. Үш айналу осі квадрокоптердің кеңістіктегі қозғалысын және оның ұшу бағытын бір мәнді түрде белгілейді. Оның үстіне қозғалыс бағыты квадрокоптердің өзі ауада орналасуына байланысты емес. Квадрокоптердің басқарылуының сұлбасы 5-ші суретте көрсетілген.



Аппарат орнын кеңістіктегі үш координатамен оңай сипаттауға болады, бірақ аппаратты басқаруға қол жеткізу үшін біз кеңістіктегі оның бағытын да білуіміз керек. Ауадағы динамиканы (уақыт бойынша позиция және уақыт бойынша бағдар) сипаттау үшін біз аппарат денесіндегі барлық нүктелердің орнын сипаттауымыз керек, оны алты координатпен жасауға болады, алты деңгейлі қозғалыс бағыты (6-DOF) тұжырымдамасы (сурет 6). Квадрокоптердің қозғалысын теңдеулер тұрғысынан сипаттау үшін алты деңгейлі қозғалыс бағыты (6-DOF) ұғымының болуы өте маңызды. 6-DOF тұжырымдамасы аппарат орны мен бағытын үш өлшемде анықтайды (3D). Аппараттың динамикалық теңдеулері уақыт өте келе бағдар мен позицияның өзгеруін білдіреді. Біздің жағдайда жер тегіс, ауырлық күші тұрақты, масса центрі ауырлық центріне тең, ал квадрокоптердің дизайны қатал.

Тангаж құрылғының бойлық ось айналасында айналуы түсініледі, рыскание – тік осьтің айналасында, ал крен – бойлық ось. Егер тікұшақты ескерсек, онда оның негізгі бұрандасы тангаж және крен бұрышына әсер етеді, құйрық роторы айналу моментін өтейді, ал рыскание оның қаншалықты жылдам айналуына және қандай күйде болуына байланысты.

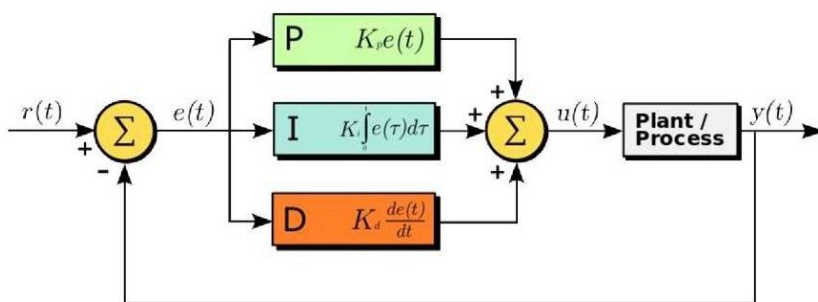
Төрт бұранда бар, олардың екеуі сағат тілімен, ал қалған екеуі қарама-қарсы бағытта айналады. Тиісінше, барлық квадрокоптер винттерінің айналу жылдамдығы бірдей болса, онда барлық параметрлер өтеледі. Квадрокоптердің винттерінің бірінің айналу жылдамдығының жоғарылауымен тепе-теңдік бұзылады. Бұл жағдайда кері айналу бағыты бар винттің жылдамдығы пропорционалды түрде азайса, онда рыскание өзгермейді, бірақ тангаж немесе крен өзгереді. Егер бір бағытта айналатын және басқаларына азайтылатын екі бұрандада бір уақытта айналымды арттырса, онда рыскание бұрышы өзгертіледі.

Квадрокоптердің қозғалтқыштарын, оның бұрандаларының айналу жылдамдығын басқару қашықтан басқару құралынан жүзеге асырылады, оның сигналы квадрокоптердің борттық компьютеріне түседі және оларға гироскоптан, акселерометрден және т.б. қажетті түзетулер қосылады. Квадрокоптерді жобалау және құру кезінде құрылғының массасы, оған орнатылған қозғалтқыштардың қуаты және басқа да бірқатар факторлар арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті табу үшін барлық қажетті есептеулер жүргізілуі керек.

ПИД реттеуіш -ұшу контроллерінен келетін сигнал тікелей қозғалтқышқа емес, кіріс сигналына сүйене отырып, қозғалтқышқа тиісті кернеу беретін PID реттегішіне беріледі. ПИД реттеу – квадрокоптерді басқару үшін қажетті технология болып табылады.

### Зерттеу нәтижелері

Пропорционалды интегралдық дифференциалды басқару келесі схемамен ұсынылады (сурет 6):



Сурет 6 – ПИД-реттеуіштің принциптік схемасы

Process блогында басқару объектісінің сипаттамасы, схеманың орталық бөлігінде реттеушінің өзі ұсынылған, ол басқару объектісінен берілген сигналдың қате сигналын және өлшенген мәнді өңдейді.

**Қорытынды.** Мультиротор типті ұшқышсыз ұшу аппаратының басқару жүйесін зерттеу және құрастыру қарастырылды. ҰҰА толықтай ақпарат беріліп, қазіргі таңдағы маңыздылығы анықталды. Басқару объектісі ретінде квадрокоптер алынды. ҰҰА зерттеп, олардың түрін ажыратып талдау және басқару объектісі квадрокоптердің құрлымын, жұмыс істеу принципі зерттелді және оның қозғалысына байланысты математикалық моделі жасалды. ҰҰА-ның

дизайны және формасына, жұмыс істеу принципіне байланысты мультироторлы, бекітілген қанатты, бір роторлы-ұшқышсыз тікұшақ, гибридті түрлері ажыратылды. ҰҰА-ның мультироторлы типі, соның ішінде квадрокоптердің құрлымы мен бөлшектері қарастырылды, олардың түрлеріне және құрлымына байланысты түсініктеме берілді. Жұмыс істеу принципіне талдау жасалды. Квадрокоптерді басқару негізінен жердегі оператор және борттық жүйе болып екі бөлікке бөлінеді бөлінеді. Жердегі оператор өзіне керекті биіктікті, бағытты таратқыш, яғни, басқару пульті арқылы ақпаратты квадрокоптерге береді. Таратқыштар көбінде 4 арналы болып келеді және ол 2,4 GHz жиілігінде жұмыс істейді. Кейбір таратқыштарда бұл арналардың саны 7 немесе 10-ға жетуі мүмкін. Борттық жүйедегі қабылдағыш ақпаратты қабылдап оны ҰК-ға берді. ҰК-і операторға керекті бағытқа бұрылу үшін әр қозғалтқышқа берілетін күштің, кернеудің, жылдамдықтың есептеулерін жасайды. Ал қозғалтқыштарға керекті жылдамдықты реттеу үшін электронды жылдамдықты реттегіш қолданылады. Әр қозғалтқыштың жылдамдығын өзгерту арқылы оның бағытын өзгертеміз. Квадрокоптердің ұшу бағытының өзгеріс түрлеріне бұрандалардың әсері, яғни, әр бұрандаға әсер ететін тарту күшінің әсерінен аппараттың бағытының өзгерісі анықталды. Аппараттың қозғалысының крен, рыскание, тангаж, төмен-жоғары, алдыға-артқа, оңға-солға 6 бағыты болады.

ПИД реттегіштің басқа реттеуіштерден айырмашылығы және артықшылығы көрсетілді. Жұмыс істеу принципі және теңдеуіне, оны Лаплас түрлендіруіне келтіру қарастырылды. Амплитудалық – жиіліктік және фазалық-жиіліктік сипаттамалары графигі көрсетілді.

Квадрокоптердің математикалық моделі, қозғалыс теңдеуі, ұшу динамикасының, аэродинамикалық және квадрокоптердің ұшуын басқаруға арналған кері байланысты басқару алгоритмінің математикалық моделі жасалып талданды. Ұшуын басқарудың моделі MATLAB Simulink ортасында жасалды. Модельде аппараттың оңға-солға, алдыға-артқа, төмен-жоғары және рыскание бұрышы бойынша қозғалысын басқаруға мүмкіндік болады. Нәтижелер жылдамдықтың, бұрыштардың және координаталардың уақытпен өзгеруі график түрінде алынды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Глазков Т.В. Отслеживание программного изменения углового положения квадрокоптера / Т.В. Глазков, А.Е. Голубев // Математика и математическое моделирование. – 2017. – № 5. – С. 15-28.
2. Автономный квадрокоптер с нуля [Электроды ресурс] URL: <http://habrahabr.ru/company/technoworks/blog/216437>.
3. Ефимов В. Програмируем квадрокоптер на Arduino (ч. 1). URL: <http://habrahabr.ru/post/227425>
4. <https://drongeek.ru/novosti/obzor-luchshih-proizvoditeli-kvadrokopterov-v-mire>
5. Беспилотный\_летательный\_аппарат\_(дрон,\_БПЛА). – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>
6. <https://aviatest.aero/articles/typy-bespilotnykh-letatelnykhapparatovobzor>
7. <https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-regulyator-oborotov.html>
8. <https://profpv.ru/apparatura-upravleniya-kvadrokoptero/>
9. Kyaw Myat Thu Analysis, Design and Implementation of Quadcopter Control System / Kyaw Myat Thu, A.I. Gavrilov // 2015 5th International Workshop on Computer Science and Engineering: Information Processing and Control Engineering, WCSE 2015-IPCE. – 2015. – April 15-17. – P. 277-283.
10. Метода Циглера-Николса. Режим доступа: [http://www.engr.mun.ca/~nick/eng5951/Ziegler\\_Nichols.pdf](http://www.engr.mun.ca/~nick/eng5951/Ziegler_Nichols.pdf).

#### References

1. Glazkov T.V. Otslezhivanie programmnoy izmeneniya uglovogo polozheniya kvadrokoptera / T.V. Glazkov, A.E. Golubev // Matematika i matematicheskoe modelirovanie. – 2017. – № 5. – S. 15-28.
2. Avtonomnyi kvadrokopter s nulya [Ehlektrody resurs] URL: <http://habrahabr.ru/company/technoworks/blog/216437>.

3. Efimov B. Programmiruem kvadrokopter na Arduino (ch. 1). URL: <http://habrahabr.ru/post/227425>
4. <https://drongeeek.ru/novosti/obzor-luchshih-proizvoditeli-kvadrokoptero- v-mire>
5. *Bespilotnyi letatel'nyi apparat (dron, BPLA)*. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>
6. <https://aviatest.aero/articles/typy-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-obzor>
7. <https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-regulyator-oborotov.html>
8. <https://profpv.ru/apparatura-upravleniya-kvadrokoptero/>
9. Kyaw Myat Thu Analysis, Design and Implementation of Quadcopter Control System / Kyaw Myat Thu, A.I. Gavrilov // 2015 5th International Workshop on Computer Science and Engineering: Information Processing and Control Engineering, WCSE 2015-IPCE. – 2015. – April 15-17. – R. 277-283.
10. Metoda Tsiglera-Nikolsa. Rezhim dostupa: [http://www.engr.mun.ca/~nick/eng5951/Ziegler\\_Nichols.pdf](http://www.engr.mun.ca/~nick/eng5951/Ziegler_Nichols.pdf).

**Ж.К. Абдугулова, М.Н.Тлеген\*, Т.М. Төлеубеков**  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева  
10000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2  
e-mail: meruert-0202@mail.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И СБОРКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА**

*Рассмотрено исследование и сборка системы управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. БПЛА была полностью информирована и определена значимость на сегодняшний день. В качестве объекта управления был взят квадрокоптер. Исследованы БПЛА, различен их вид и составлена математическая модель объекта управления, принцип действия и движения квадрокоптера. В зависимости от конструкции и формы БПЛА, принципа действия были выделены мультироторные, с неподвижным крылом, однороторно-беспилотные вертолеты, гибридные типы. Был рассмотрен мультироторный тип БПЛА, в том числе конструкция и детали квадрокоптера, даны разъяснения в зависимости от их типа и конструкции. Проведен анализ принципа работы. Управление квадрокоптером в основном делится на две части: наземный оператор и бортовая система. Наземный оператор передает информацию на квадрокопты с помощью нужного ему высотного, направленного передатчика, то есть пульта управления. Передатчики большинство из них имеют 4 канала и работают на частоте 2,4 GHz. В некоторых передатчиках количество этих каналов может достигать 7 или 10. Приемник в бортовой системе принял информацию и передал ее в НК. НК производит расчеты силы, напряжения, скорости, подаваемой на каждый двигатель, для поворота в нужном оператору направлении. А электронный регулятор скорости используется для регулировки скорости, необходимой двигателям. Изменяя скорость каждого двигателя, мы меняем его направление. Установлено влияние винтов на типы изменения направления полета квадрокоптера, т.е. изменение направления аппарата под действием силы тяги, действующей на каждый винт. Движение аппарата имеет 6 направлений: крен, рыскание, тангаж, вниз-вверх, вперед-назад, вправо – влево.*

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, Мультикоптер, объект управления, Дрон.

**J.K. Abdugulova, M.N.Tlegen\*, T.M. Toleubekov**  
L.N. Gumilyov Eurasian National University  
10000, Kazakhstan, Astana, Satpayev str., 2  
e-mail: meruert-0202@mail.ru

### **RESEARCH AND ASSEMBLY OF A MULTIROTOR UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL SYSTEM**

*The study and assembly of a control system for a multicopter unmanned aerial vehicle is considered. The UAV has been fully informed and its significance has been determined to date. A quadcopter was taken as the control object. UAVs have been studied, their type is different and a mathematical model of the control object, the principle of operation and movement of the quadcopter has been compiled. Depending on the design and shape of the UAV, the principle of operation, multicopter, fixed-wing, single-rotor unmanned helicopters, hybrid types were distinguished. The multicopter type of UAV was considered, including the design and details of the*

quadcopter, explanations were given depending on their type and design. The analysis of the principle of operation is carried out.

The control of the quadcopter is mainly divided into two parts: the ground operator and the on-board system. The ground operator transmits information to the quadcopters using the high-altitude directional transmitter he needs, that is, the control panel. Most of them have 4 channels and operate at a frequency of 2.4 GHz. In some transmitters, the number of these channels can reach 7 or 10. The receiver in the on-board system received the information and transmitted it to the NC. NC calculates the force, voltage, and speed applied to each motor to turn in the direction desired by the operator. And the electronic speed controller is used to adjust the speed required by the engines. By changing the speed of each engine, we change its direction. The effect of screws on the types of changes in the direction of flight of a quadcopter, i.e., a change in the direction of the device under the influence of the thrust force acting on each screw, has been established.

The movement of the device has 6 directions: roll, yaw, pitch, down-up, forward-backward, right – left.

**Key words:** unmanned aerial vehicles, Multicopter, control object, Drone.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Жанат Капаровна Абдугулова** – экономика ғылымдарының кандидаты, доцент; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.

**Меруерт Нұрланқызы Тлеген** – аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, e-mail: meruert-0202@mail.ru.

**Талант Мейрашұлы Төлеубеков** – аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.

#### **Сведения об авторах**

**Жанат Капаровна Абдугулова** – кандидат экономических наук, доцент; Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева.

**Меруерт Нурлановна Тлеген** – старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, e-mail: meruert-0202@mail.ru.

**Талант Мейрашович Төлеубеков** – старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева.

#### **Information about the authors**

**Zhanat Kaparovna Abdugulova** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; L.N. Gumilyov Eurasian National University.

**Meruert Nurlanovna Tlegen** – Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, e-mail: meruert-0202@mail.ru.

**Talent Meyrashovich Toleubekov** – Senior Lecturer, L.N. Gumilev Eurasian National University.

*Редакцияға енуі 29.02.2024*

*Жариялауға қабылданды 04.04.2024*

A. Sovetkanov<sup>1</sup>, Y. Shayakhmetov<sup>1\*</sup>, R. Sovetbayev<sup>1</sup>, O.I. Morozov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street  
<sup>2</sup>Ulyanovsk State Technical University,  
432027, Russian Federation, Ulyanovsk, Severny Venets str. 32  
\*e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

## MIXING DEVICE DESIGN IN A BIOGAS PLANT: PROBLEMS AND PERSPECTIVES

**Abstract:** *The paper presents a review of stirring device designs used in biogas plants. The efficiency of a biogas plant depends on many factors, one of which is the agitation of the substrate to increase the efficiency of the biogas plant and provides: release of the biogas produced; agitation of fresh biomass and bacteria in the metatank; preventing the formation or destruction of crusts on the surface and minimizing sludge; providing uniform temperature throughout the bioreactor; and providing uniform distribution of the bacterial population. A well-mixed feedstock can yield up to 50% more biogas. Agitators operate in difficult conditions of aggressive and fire-hazardous environment, contributing to high corrosion of its elements. The design of agitators should not promote sparks or elevated temperatures to avoid explosive situations.*

*Advantages and disadvantages of different types of agitators are discussed, as well as the problems encountered in their operation. Special attention is paid to the promising directions of development of agitators for biogas plants.*

*The design of agitator with float device, which allows mixing biomass throughout the entire volume of the bioreactor module, is proposed. The advantage of this design is the absence of an electric motor and electric cables (which of course increases fire safety), and the mechanical agitator is driven directly by a pneumatic motor operating from compressed air, while the compressor is located outside the bioreactor, and only compressed air supply hoses lead to the reactor.*

**Key words:** *biogas plant, mixing device, substrate, biogas, alternative energy.*

### Introduction

The emerging trends in the global energy sector show that the advanced mankind is doing everything to make the energy of future generations become «green» energy, which allows not to pollute air, water and soil, and thus restore, preserve and save the biological balance in the environment, flora and fauna. In addition, it will prevent global climatic changes on our planet, which can lead to catastrophic consequences for all life on Earth.

One of the types of RES is biogas (in purified form biomethane) produced by anaerobic methane fermentation of biomass, i.e. organic waste from agriculture and food processing plants, sewage and household waste, as well as energy crops and algae. The advantage of using biomass energy by methane fermentation (unlike solar and wind energy) is independence from weather conditions, i.e. continuity and stability in energy use.

### Materials and methods

Biogas plants are systems that convert organic matter into methane-rich biogas. The efficiency of a biogas plant is directly dependent on many factors, one of which is the agitation of the substrate. The agitator ensures: homogenisation of the substrate (This leads to an even distribution of nutrients, microorganisms and waste products, which optimises the biogas production process), increase of the contact surface (Crushing of substrate particles increases the surface area available to microorganisms, which accelerates decomposition and increases biogas yield), prevention of

crusting (Agitating prevents the formation of crusts on the surface of the substrate, which can hinder biogas production).

The main types of stirring devices.

The following mixing systems are used in biogas plants [1-2]: hydraulic, mechanical, bubbling, combined.

### Advantages and disadvantages of stirrers

The hydraulic mixing method consists in recirculation of the fermentation mass from one part of the bioreactor to another (Fig. 1). The advantage of this system is the absence of moving parts inside the reactor, which simplifies the operating conditions. However, hydraulic systems are only effective in plants operating on very liquid substrates that are not prone to crusting and sludge accumulation.

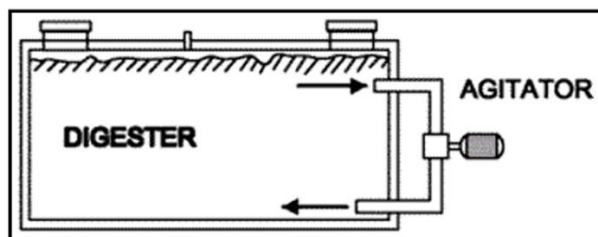
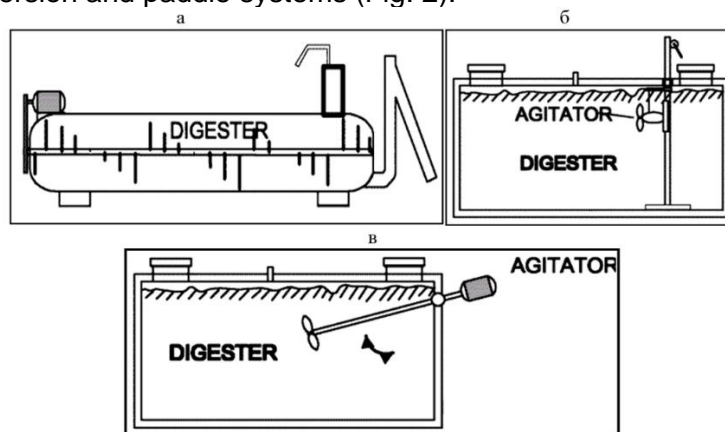


Figure 1 – Hydraulic mixing system

Mechanical mixing is performed by using agitators, whose working bodies are augers and blades driven by a motor or manually. The following systems are used for biomass mixing: multi-blade; propeller immersion and paddle systems (Fig. 2).



a – stirrer with many blades; b – propeller immersion; c – paddle stirrer

Figure 2 – Mechanical stirring systems

The agitator with many blades (Fig. 2, a) is used most often for mixing in horizontal reactors [3]. Structurally, they are a horizontal shaft with blades or bent tubes located along the entire length of the reactor. The rotation of the shaft agitates the feedstock, preventing the formation of crusts, while promoting the biomass to the outlet in the form of a plug (perfect displacement), which is effective in hygienising the process. The use of tubes with hot water flowing through them as working elements also makes it possible to heat the fermentation mass. Submersible propeller stirring system (Fig. 2, b) is mainly used in vertical cylindrical reactors [4]. It represents a propeller with a motor located in a waterproof shell and mounted on a tripod. During operation, vertical movement of biomass is carried out, and changing the height of the agitator arrangement avoids the formation of crust. The disadvantage of this system is the small mixing volume, which requires the installation of two or more agitators, and the application of submersible motors is limited to a temperature range of up to 40 °C. The paddle stirring system (Fig. 2, c) consists of a motor placed outside the reactor and an elongated shaft with paddles. This system can be vertical, mounted on the top base of the

reactor, but more commonly a diagonally arranged agitator is used, entering through the top of the reactor side wall. The agitator shaft can change the angle of inclination, which allows mixing a larger volume of biomass compared to a submerged system.

A significant disadvantage of mechanical mixing systems is the limited mixing zone, which requires the installation of two or more stirrers. Barbotage mixing is performed by feeding the biogas produced into the bioreactor using a draft inducer and a system of pipelines located in the lower part of the bioreactor (Fig. 3). Barbotage agitation separates small gas bubbles from methanogenic microorganisms, which facilitates their contact with the nutrient substrate [4]. In addition, according to [1], bubbling in the bioreactor increases the concentration of dissolved carbon dioxide, which, being a hydrogen acceptor, reduces its partial pressure and thereby improves the conditions for the life activity of acetate-degrading methanogens, resulting in an increase in methane yield.

Combined stirring systems contain two or more stirring methods that operate simultaneously, which leads to higher energy costs. However, the use of combined agitation systems allows for a more uniform distribution of biomass particles and temperature throughout the bioreactor volume and significantly increases the efficiency of specific biogas yield.

Barbotage mixing is carried out by feeding the biogas produced into the bioreactor by means of a draught inducer and a system of pipelines located at the bottom of the bioreactor (Fig. 3). Barbotage agitation separates small gas bubbles from methanogenic microorganisms, which facilitates their contact with the nutrient substrate [4]. In addition, according to [1], bubbling in the bioreactor increases the concentration of dissolved carbon dioxide, which, being a hydrogen acceptor, reduces its partial pressure and thereby improves the conditions for the life activity of acetate-degrading methanogens, resulting in an increase in methane yield.

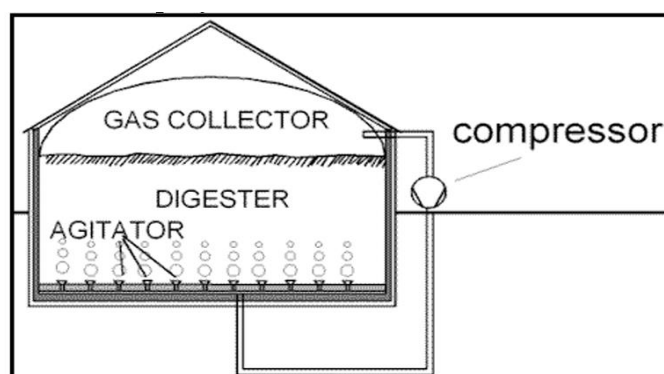


Figure 3 – Barbotage mixing system

## Results and discussion

Prospects for the development of agitators. The development of agitators for biogas plants is aimed at increasing their efficiency, reliability and energy efficiency.

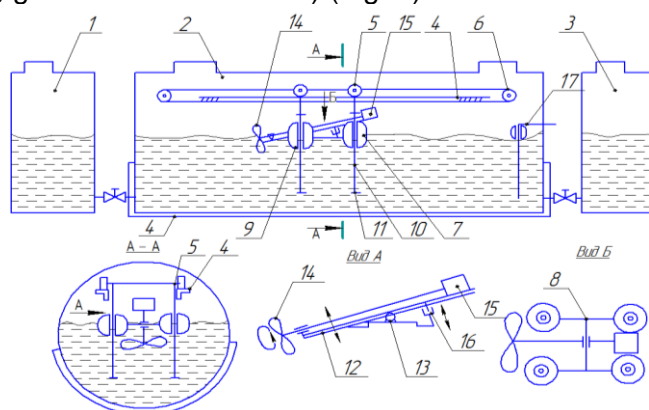
In order to equalise the temperature in the digestion chamber, all kinds of stirring devices are often installed. There are practically no recommendations on the choice of stirring methods, and the influence of stirring on the methane digestion of manure has not yet been sufficiently studied. There is every reason to believe that stirring to some extent should help to increase the contact area between microorganisms and substrate, i.e. multilevel stirring and forced degassing accelerates the digestion process. Stirring can achieve a uniform distribution of the feed manure and microorganisms in the reactor, and forced degassing can prevent the accumulation of intermediate and final metabolic products. Currently, the following methods of mixing manure in the digester are known: continuous mixing; mixing only at a certain time, immediately after loading the initial manure; periodic mixing, for example, 10 minutes in each hour, i.e. there is no unambiguous opinion in the application of mixing methods in methane digestion of manure. For example, a study on biogas production from liquid swine manure was conducted in France, where continuous anaerobic digestion with constant agitation of the substrate or "free cell" fermentation was applied. The experiments showed that this method is not reliable as fermentation does not always occur or takes a long time.

Further, an improvement of the continuous mixing system is the "contact method", which consists of capturing the active biomass in a sump at the reactor outlet to reintroduce it together with the feed manure (installation by the Belgian company Bioprocessing) [5-10].

Stirring can be constant or periodic depending on the reactor operation mode. Optimal stirring significantly reduces the digestion time of the feedstock and prevents the formation of crusts. Although partial stirring occurs due to the release of biogas from the feedstock, due to temperature movement and movement due to fresh feedstock, such stirring is not sufficient.

Stirring should be carried out regularly. Mixing the feedstock too infrequently will lead to stratification of the feedstock and crust formation, thus reducing the gas generation efficiency. A well-mixed feedstock can produce up to 50 per cent more biogas. Stirring too often can damage the fermentation processes inside the reactor, as the bacteria do not have time to "eat". In addition, it can lead to the discharge of incompletely processed feedstock. The ideal is to stir gently but vigorously every 4 to 6 hours.

The conducted analysis of designs of agitators of biogas plants allowed us to summarise the data and propose the design of the agitator (within the framework of the research conducted under the grant funded by the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, grant No. AP09259846) (Fig. 5).



- 1 – loading sector; 2 – working sector (module); 3 – unloading sector; 4 – heat exchange jacket; 5 – cart;  
 6 – cart drive; 7 – float; 8 – horizontal rods; 9 – bushings; 10 – vertical rod; 11 – stops; 12 – lever;  
 13 – lever axis; 14 – agitator; 15 – agitator drive; 16 – hydro (pneumatic) cylinder; 17 – level sensor

Figure 4 – Diagram of bioreactor with float stirring device

This design can operate in horizontal tanks, can be underground (which is preferable for regions with sharply continental climate) and is powered by compressed air, which additionally increases fire safety.

The bioreactor is made tubular, located horizontally and divided into three sections: loading, working and unloading, the working section consists of one or more modules, in each module of the working section mounted agitators with a drive and heat exchanger. The technical result of the claimed technical solution is to increase the efficiency of mixing throughout the volume with low energy consumption. This is achieved due to the fact that an additional element in the design of the bioreactor is introduced in the form of a float device, in which the agitator with a drive is mounted, with the ability to move along the bioreactor and rotate relative to the horizontal axis in the vertical plane.

## Conclusion

The agitator is an important component of a biogas plant. The correct selection of the agitator and its proper operation ensure efficient operation of the biogas plant and maximise biogas production.

The advantage of the proposed design is the absence of an electric motor and electric cables (which of course increases fire safety), and the mechanical agitator is driven directly by a pneumatic motor powered by compressed air. The compressor is located outside the bioreactor, and only compressed air hoses lead into the reactor



## References

1. Gyunter L.I., Gol'dfarb L.L. Metantenki. – Moskva: Stroizdat, 1991. – 126 s. (In Russian).
2. Anaerobic Digestion of Animal Waste: Effect of Mode of Mixing / K. Karim et al // Water Research. – 2005. – № 39. – P. 3597-3606. (In English).
3. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.06.019>. (In English).
4. Eder B. Biogazovye ustanovki / B. Eder, H. Shul'c // Perevod s nem. kompanii «Зорп Биогас», 2008. – 268 s. (In Russian).
5. Suslov D.Yu. Teplovoj balans bioreaktora s barbotazhnym peremeshivaniem biomassy / D.Yu. Suslov, D.O. Temnikov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2015. – № 1. – S.182-185. (In Russian).
6. Kaszycki P. Towards a bio-based circular economy in organic waste management and wastewater treatment – The Polish perspective. / P. Kaszycki, M. Głodniok, P. Petryszak // New Biotechnology. – 2021. – Vol. 61. – P. 80-89. (In English).
7. Coupling thermophilic composting and vermicomposting processes to remove Cr from biogas residues and produce high value-added biofertilizers / Jing-Yuan Ning et al // BioresourceTechnology. – 2021. – Vol. 329. – P. 124869. (In English).
8. Zhdanov L.A. Issledovanie po intensivatsii processa biologicheskoy ochistki stochnyh vod zhivotnovodcheskih kompleksov: Avtoref. diss. na soisk. uchen.stepen. kand. tehn. nauk. / L.A. Zhdanov, 1978. – 24 s. (In Russian).
9. Kovalev A.A. Ispol'zovanie othodov zhivotnovodstva dlya polucheniya biogaza / A.A. Kovalev, P.I. Gridnev // Nauchn. trudy VIESH. t.64. Energosberegayushchie tehnologii v sel'skhozyajstvennoj proizvodstve. – M., 1985. – S 107-114. (In Russian).
10. Klucharev A.A. Sectional anaerobic bioreactor design / A.A. Klucharev, A.A. Fomenkova // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo instituta (tehnikeskogo universiteta). – 2018. – P. 95-100. (In Russian).
11. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty biogazovoy ustanovki / A.K. Apazhev i dr. // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2023. – № 6. – S. 115-121. (In Russian).

**А.Б. Советканов<sup>1</sup>, Е.Я. Шаяхметов<sup>1\*</sup>, Р.А. Советбаев<sup>1</sup>, О.И. Морозов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глиники к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Ульяновск мемлекеттік техникалық университеті,  
432027, Ресей Федерациясы, Ульянов қ., Северный Венеция к-сі, 32 үй

\*e-mail: shaiakmeterzh@mail.ru

### **БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫСЫНДАҒЫ АРАЛАСТЫРҒЫШ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫ: ПРОБЛЕМАЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР**

*Мақалада биогаз қондырғыларында (БГҚ) қолданылатын араластырғыш құрылғылардың конструкцияларына шолу берілген. БГҚ тиімділігі көптеген факторларға байланысты, олардың бірі БГҚ тиімділігін арттыру мақсатында субстратты араластыру болып табылады және мыналарды қамтамасыз етеді: пайда болған биогаздың бөлінуі; метатенктегі жаңа биомасса мен бактерияларды араластыру; жер бетінде қыртыстың пайда болуын немесе бұзылуын болдырмау және тұнбаны азайту; биореактор бойынша біркелкі температураны қамтамасыз ету; бактериялар популяциясының біркелкі таралуын қамтамасыз ету. Жақсы араластырылған шикізат 50% көбірек биогаз бере алады. Араластырғыштар оның элементтерінің жоғары коррозиясына ықпал ететін агрессивті және өрт қауіпті ортаның қиын жағдайында жұмыс істейді. БГҚ араластырғыштарының дизайны жарылғыш жағдайларды болдырмау үшін ұшқындардың пайда болуына немесе жоғары температураға ықпал етпеуі керек.*

*Араластырғыштардың әртүрлі түрлерінің артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ оларды пайдалану кезінде кездесетін мәселелер талқыланады. Биогаз қондырғыларына арналған Араластырғыштарды дамытудың перспективалық бағыттарына ерекше назар аударылады.*

*Биомассаны биореактор Модулінің бүкіл көлеміне араластыруға мүмкіндік беретін қалқымалы құрылғысы бар араластырғыштың дизайны ұсынылған. Бұл дизайнның артықшылығы электр қозғалтқышы мен электр кабельдерінің болмауында (бұл, әрине, өрт қауіпсіздігін арттырады), ал механикалық араластырғыш тікелей сығылған ауамен жұмыс істейтін пневматикалық қозғалтқышпен басқарылады, ал компрессор биореактордан тыс, ал реакторға тек Сығылған ауа беру шлангтары ғана жіберіледі.*

**Түйін сөздер:** биогаз қондырғысы, араластырғыш құрылғы, субстрат, биогаз, баламалы энергия.

**А.Б. Советканов<sup>1</sup>, Е.Я. Шаяхметов<sup>1\*</sup>, Р.А. Советбаев<sup>1</sup>, О.И. Морозов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Ульяновский государственный технический университет,  
432027, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Северная Венеция, д. 32  
\*e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

## **КОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*В статье представлен обзор конструкций перемешивающих устройств, используемых в биогазовых установках (БГУ). Эффективность БГУ зависит от множества факторов, одним из которых является перемешивание субстрата, с целью повышения эффективности БГУ и обеспечивает: высвобождение образовавшегося биогаза; перемешивание свежей биомассы и бактерий в метатенке; предотвращение формирования или разрушение корки на поверхности и минимизация осадка; обеспечение равномерной температуры по всему биореактору; обеспечение равномерного распределения популяции бактерий. Хорошо перемешиваемое сырье может дать на 50% больше биогаза. Мешалки работают в сложных условиях агрессивной и пожароопасной среды, способствующей высокой коррозии ее элементов. Конструкция мешалок БГУ не должна способствовать появлению искр или повышенной температуры во избежание взрывоопасных ситуаций.*

*Обсуждаются преимущества и недостатки различных типов мешалок, а также проблемы, с которыми сталкиваются при их эксплуатации. Особое внимание уделяется перспективным направлениям развития мешалок для биогазовых установок.*

*Предложена конструкция мешалки с поплавковым устройством, позволяющая перемешивать биомассу по всему объему модуля биореактора. Преимущество данной конструкции в отсутствии электродвигателя и электрических кабелей (что конечно повышает пожаробезопасность), а механическая мешалка приводится в движение непосредственно работающим от сжатого воздуха пневмодвигателем, при этом компрессор находится за пределами биореактора, а в реактор ведут лишь шланги подачи сжатого воздуха.*

**Ключевые слова:** биогазовая установка, перемешивающее устройство, субстрат, биогаз, альтернативная энергетика.

### **Information about the authors**

**Yerzhan Shayakhmetov\*** – PhD, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

**Aslan Sovetkanov** – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

**Rail Sovetbayev** – Master, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

**Oleg Morozov** – Candidate of Technical Sciences, Acting Head of the Department Materials Science and Metal Forming, Ulyanovsk State Technical University, Russian Federation, Ulyanovsk; e-mail: olmorozov-rabota@yandex.ru.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ержан Ярнарович Шаяхметов\*** – PhD, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

**Аслан Бекжанович Советканов** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

**Раил Аянович Советбаев** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистрі, оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

**Олег Игоревич Морозов** – т.ғ.к., «Материалтану және металдарды қысыммен өңдеу» кафедра меңгерушісінің м.а., Ульянов мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Ульяновск қ.; e-mail: olmorozov-rabota@yandex.ru.

#### Сведения об авторах

**Ержан Ярнарович Шаяхметов\*** – PhD, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shaiakhsmetov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

**Аслан Бекжанович Советканов** – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

**Раил Аянович Советбаев** – магистр, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республики Казахстан; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

**Олег Игоревич Морозов** – к.т.н., и.о.зав. кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением», Ульяновский государственный технический университет, Российская Федерация, г.Ульяновск; e-mail: olmorozov-rabota@yandex.ru.

Received 28.05.2024

Revised 14.06.2024

Accepted 17.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9



MPHTI: 65.13.19

**Е.М. Ағзам<sup>\*</sup>, А.К. Какимов<sup>1</sup>, А.Е. Еренгадиев<sup>1</sup>, Н.К. Ибрагимов<sup>1</sup> Б.А. Лобасенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Кемеровский государственный университет  
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: [ektu2009@gmail.com](mailto:ektu2009@gmail.com)

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СУШКЕ КУРТА

**Аннотация:** Сушка играет решающую роль в производстве курта, традиционного кисломолочного продукта. Она продлевает срок годности, улучшает структуру и вкус. Существуют различные методы сушки, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Солнечная и теневая сушка являются экономичными, но зависят от погодных условий и медленные. Инфракрасная сушка, быстрая и эффективная, но требует дорогостоящего оборудования. Вакуумная сушка обеспечивает наилучшее качество, но также является самой дорогой. Конвективная сушка быстрая и эффективная, но может привести к потере питательных веществ.

Выбор подходящего метода сушки зависит от масштаба производства, доступности ресурсов, требуемого качества продукции и стоимости. Для малых и средних производств конвективная или инфракрасная сушка могут быть оптимальными вариантами.

Независимо от выбранного метода, важно учитывать энергоэффективность, простоту эксплуатации и надежность сушильного оборудования. Правильный выбор сушильного оборудования гарантирует высокое качество и длительный срок хранения курта.

Данная статья подчеркивает необходимость разработки специализированного оборудования для сушки куртов, учитывая их уникальные характеристики и специфику производства. В контексте отсутствия подходящего оборудования на рынке, ученые адаптировали имеющиеся решения для этой цели. Однако, представленное в работе конвективное

сушильное устройство представляет собой значимое новшество, обладающее рядом преимуществ, способных решить проблему сезонности производства курттов в Казахстане.

**Ключевые слова:** национальная кухня, курт, сушильная установка, кисломолочные продукты, развитие малого и среднего бизнеса, сушильное оборудование, производство курта, сушка пищевых продуктов.

## **Введение**

Курт – традиционный кисломолочный продукт, распространенный в Центральной Азии [5]. Он изготавливается из овечьего или козьего молока и имеет характерную форму шариков. Сушка является важным этапом в производстве курта, поскольку она позволяет сохранить его в течение длительного времени. В этой статье рассматриваются различные методы, используемого для сушки курта, их преимущества и недостатки.

В процессе сушки из курта удаляется значительное количество влаги, что приводит к повышению концентрации молочных компонентов и снижению активности микроорганизмов. Это предотвращает порчу продукта и продлевает его срок хранения [7].

Сушка также влияет на структуру и вкус курта. Высушенный продукт приобретает характерную твердость и ломкость, а его вкус становится более концентрированным и насыщенным.

В данной работе рассматривается значение и методы сушки курта, включая ее влияние на сохранность продукта и срок годности.

Разработка сушильного оборудования для производства курта является актуальной задачей по следующим причинам:

- Растущий спрос на курт: курт является популярным кисломолочным продуктом во многих странах, и спрос на него постоянно растет.
- Традиционные методы сушки неэффективны: традиционные методы сушки курта на солнце или в печах имеют ряд недостатков, включая зависимость от погодных условий, длительность процесса и неравномерную сушку.
- Необходимость в высококачественном сушеном курте: для удовлетворения растущего спроса на высококачественный сушеный курт требуется современное и эффективное сушильное оборудование.

## **Типы сушильного оборудования**

- Солнечная сушка [8]: традиционный метод сушки курта, при котором шарики выкладываются на открытом воздухе под солнцем. Этот метод является экономичным, но зависит от погодных условий и может занять несколько дней.
- Теневая сушка [8]: курт сушится в тенистом, хорошо проветриваемом помещении. Этот метод медленнее, чем солнечная сушка, но обеспечивает более равномерное высыхание и защищает курт от воздействия прямых солнечных лучей.
- Инфракрасная сушка [6, 10]: метод сушки курта, при котором используется инфракрасное излучение для удаления влаги из продукта. Инфракрасное излучение - это электромагнитное излучение с длиной волны длиннее видимого света, но короче микроволнового излучения.
- Вакуумная сушка [11]: курт сушится в вакуумной камере, что значительно ускоряет процесс сушки и снижает риск порчи. Однако это самый дорогой метод сушки.
- Конвективная сушка [4]: курт сушится в специальных сушильных камерах с контролируемой температурой и влажностью. Этот метод является быстрым и эффективным, но требует значительных затрат на оборудование и энергию.

## **Солнечно-сушильные установки «Термика» и «Индивидуал» для сушки курта [8]**

### **Солнечно-сушильная установка «Термика2»**

- Представляет собой модульную конструкцию, состоящую из отдельных секций.
- Секции имеют прозрачную крышу и боковые стенки, которые пропускают солнечный свет.
- Внутри секций установлены полки или сетки для размещения продукта.
- Воздух внутри установки нагревается за счет солнечного излучения и циркулирует естественным образом или с помощью вентиляторов.

### Солнечно-сушильная установка «Индивидуал»

- Более компактная установка, предназначенная для сушки небольших объемов продукта.
- Состоит из сушильной камеры с прозрачной крышей и боковыми стенками.
- Внутри камеры установлены лотки или сетки для размещения продукта.
- Воздух внутри камеры нагревается за счет солнечного излучения и циркулирует с помощью вентиляторов.

Преимущества использования солнечно-сушильных установок «Термика» и «Индивидуал» для сушки курта:

- Использование возобновляемой энергии: установки используют солнечную энергию, что снижает затраты на электроэнергию и воздействие на окружающую среду.
- Высокое качество сушки: солнечная сушка сохраняет питательные вещества и вкус курта.
- Равномерная сушка: естественная циркуляция воздуха обеспечивает равномерную сушку продукта.
- Простота использования: установки просты в эксплуатации и обслуживании.
- Долговечность: установки изготовлены из прочных материалов, устойчивых к погодным условиям.

#### Недостатки:

- Зависимость от погоды: эффективность сушки зависит от наличия солнечного света.
- Длительное время сушки: сушка курта может занять несколько дней или недель в зависимости от погодных условий.
- Необходимость защиты от насекомых и птиц: установки должны быть защищены от насекомых и птиц, которые могут загрязнить продукт.

### Инфракрасная сушка для производство курта [6,9,10].

Инфракрасное излучение (ИК) представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны, расположенной между видимым светом и микроволнами. Оно обладает уникальными свойствами, которые делают его перспективным методом для сушки курта. Пример инфракрасного оборудования, подходящего для сушки курта является сушильная установка «Муссон».

Преимущества использования ИК-излучения для сушки курта:

- Быстрая и эффективная сушка: ИК-излучение проникает глубоко в продукт, нагревая его изнутри и снаружи. Это приводит к быстрой и равномерной сушке, сокращая время обработки.
- Контролируемая сушка: ИК-сушилки позволяют точно контролировать температуру и интенсивность излучения, что обеспечивает оптимальные условия сушки для курта.
- Сохранение качества продукта: ИК-излучение не повреждает курт, сохраняя его питательную ценность, вкус и текстуру.
- Энергоэффективность: ИК-сушилки могут быть очень энергоэффективными, поскольку они направляют энергию непосредственно на продукт, а не на окружающую среду.

Недостатки использования инфракрасного излучения для сушки курта:

- Высокая стоимость оборудования: ИК-сушилки могут быть дороже, чем традиционные сушилки.
- Возможность пересушивания: если параметры сушки не оптимизированы, ИК-излучение может привести к пересушиванию курта, что негативно скажется на его качестве.
- Неравномерная сушка: если продукт не загружен в сушилку равномерно, это может привести к неравномерной сушке.
- Потемнение поверхности продукта: ИК-излучение может вызвать потемнение поверхности продукта, особенно если температура сушки слишком высока.
- Образование корки: при длительной сушке на поверхности продукта может образоваться корка, что ухудшит его текстуру и внешний вид.

Несмотря на многочисленные преимущества, использование инфракрасного излучения для сушки курта имеет и некоторые недостатки. Высокая стоимость оборудования, необходимость предварительной подготовки продукта и потенциальные проблемы с качеством должны быть тщательно рассмотрены перед принятием решения о внедрении ИК-сушилки.

### **Принцип работы вакуумной сушки [9,10]**

Вакуумная сушка – это процесс удаления влаги из продукта путем помещения его в вакуумную камеру. В вакуумной камере давление воздуха снижается, что приводит к испарению влаги с поверхности продукта. Испаренная влага удаляется из камеры с помощью вакуумного насоса.

Вакуумная сушка курта имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сушки:

- Более быстрое время сушки: вакуумная сушка значительно ускоряет процесс сушки, что позволяет производить больше курта за более короткое время.
- Более низкая температура сушки: вакуумная сушка проводится при более низких температурах, что помогает сохранить питательные вещества курта.
- Сниженный риск порчи: вакуумная сушка проводится в контролируемой среде, что снижает риск порчи продукта бактериями или плесенью.
- Более равномерная сушка: вакуумная сушка обеспечивает более равномерную сушку курта, что приводит к продукту более высокого качества.

Основным недостатком вакуумной сушки курта является ее высокая стоимость.

Вакуумные сушилки – это дорогостоящее оборудование, и процесс сушки требует значительных затрат энергии.

Вакуумная сушка – это эффективный и эффективный метод сушки курта. Он предлагает ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сушки, включая более быстрое время сушки, более низкую температуру сушки, сниженный риск порчи и более равномерную сушку. Однако высокая стоимость вакуумной сушки является основным недостатком, который необходимо учитывать при выборе метода сушки курта.

### **Принцип работы конвективной сушки [4]**

Конвективная сушка – это процесс удаления влаги из продукта путем обдува его горячим воздухом. Горячий воздух циркулирует вокруг продукта, поглощая влагу с его поверхности. Увлажненный воздух затем удаляется из сушильной камеры.

Конвективная сушка курта имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сушки:

- Более быстрое время сушки: конвективная сушка значительно ускоряет процесс сушки, что позволяет производить больше курта за более короткое время.
- Более равномерная сушка: конвективная сушка обеспечивает более равномерную сушку курта, что приводит к продукту более высокого качества.
- Более низкие затраты: конвективные сушилки, как правило, дешевле вакуумных сушилок, а процесс сушки требует меньших затрат энергии.

Основным недостатком конвективной сушки курта является то, что она может привести к потере питательных веществ и вкуса. Горячий воздух может повредить деликатные соединения в курте, что приведет к снижению его качества. Но этот недостаток можно урегулировать с помощью контроля температуры и подачи воздуха на продукт.

На основе принципа конвективной сушки была разработана нами сушильная установка (рис. 1). Одним из главных преимуществ данной установки является ее экономичность, рентабельность, простота в обслуживании, эффективность сушки, регулирование процесса.

Конвективная сушка – это эффективный и экономичный метод сушки курта. Он предлагает ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сушки, включая более быстрое время сушки, более равномерную сушку и более низкие затраты.



Рисунок 1 – Конвективная сушильная установка

Таблица 1 – Преимущества и недостатки различных методов (сравнительная таблица)

Метод	Преимущества	Недостатки
Солнечная сушка	Экономичный	Зависит от погодных условий, медленный
Теневая сушка	Обеспечивает равномерную сушку, защищает от солнца	Медленный
Инфракрасная сушка	Быстрый и эффективный	Дорогой, требует оборудования и энергии
Вакуумная сушка	Самый быстрый и эффективный	Самый дорогой
Конвективная сушка	Быстрый и эффективный	Требует оборудования и энергии

### Заключение

К сожалению, для сушки курта не существует специализированного оборудования, поскольку этот продукт является специфическим и не знаком западному миру. Поэтому приведенные выше примеры представляют собой оборудование, адаптированное учеными для сушки курта.

Однако, чтобы решить эту проблему, мы разработали свою конвективную сушильную установку, которая обладает рядом преимуществ.

Спроектированная сушильная установка, предназначенная для производства куртов, представляет собой актуальное решение для малых и средних предприятий в Казахстане. Это оборудование позволяет решить проблему сезонности производства куртов, обеспечивая их постоянное производство и потребление в течение всего года.

Установка разработана с учетом основных принципов проектирования оборудования [2],[3], что обеспечивает ее простоту в обслуживании, легкость в эксплуатации, высокую технологичность производства, экономичность, надежность конструкции и привлекательный внешний вид.

Проведенные испытания подтвердили работоспособность сушильной установки, и в настоящее время подана заявка на получение патента на изобретение. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влажности и температуры во всей рабочей зоне установки с целью определения оптимальных параметров сушки.

Эта сушильная установка обладает перспективами для внедрения в производство куртов. Она способствует повышению качества и производительности продукции, а также открывает новые возможности для развития малого и среднего бизнеса в Казахстане.

### Список литературы

1. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – Москва: Пищевая промышленность, 1973. – 287 с.
2. Соколов В.И. Основы расчёта и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: учебник / В.И. Соколов. – Москва: Колос, 1992. – 398 с.
3. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок: учебник / П.Д. Лебедев. – Москва, 1963. – 319 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – Москва, 1968. – 472 с.
5. Национальный молочный продукт – курт / Ш.К. Жакупбекова и др. // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2021. – № 4(4). – С. 41-43.
6. Инновационные технологии в производстве курта / Л.В. Голубева и др. // Пищевая промышленность. 2018. – № 5. – С. 30-31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-proizvodstve-kurta>.
7. Чечикова Л.С. Влияние процессов сушки на качество и выход сухого сыра курт / Л.С. Чечикова, И.В. Сухова // Материалы Самарской областной студенческой конференции. Секция «Технологии пищевых производств и организация общественного питания». Том 1. – 11-22 апреля 2022.
8. Абулова Н.Л. Разработка экспериментального стенда для изучения динамики теплового фронта в высушиваемых продуктах / Н.Л. Абулова, К. Абдырахман уулу, И.Г. Кенжаев // Бюллетень науки и практики. 2021. – № 10. – Т. 7. – С. 259-264. URL: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/29>.

9. Беляева М.А. Оптимизация и аппаратное оформление инфракрасной сушки национального кисломолочного продукта (курта) / М.А. Беляева, М.С. Али // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017 – № 10. – С. 41-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-i-apparaturnoe-oformlenie-infrakrasnoy-sushki-natsionalnogo-kislomolochnogo-produkta-kurta>.
10. Пат. RU 2743871 С2 Российская Федерация, МПК F26B 9/06(2006.01), F26B 3/30(2006.01), F26B 25/22(2006.01). Шкаф для инфракрасной сушки национального кисломолочного продукта курта / Беляева М.А., Самуэль А.М.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова». – заявл.: 26.02.18; опубл.: 01.03.21, Бюл. № 7. – 12 с.
11. Бурова Н.О. Обзор применения вакуумных сушильных установок в зарубежной литературе / Н.О. Бурова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства / Марийский государственный университет. 2019. – № 21. – С. 188-191.

### References

1. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov / A.S. Ginzburg. – Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1973. – 287 s. (In Russian).
2. Sokolov V.I. Osnovy rascheta i konstruirovaniya mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv: uchebnik / V.I. Sokolov. – Moskva: Kolos, 1992. – 398 s. (In Russian).
3. Lebedev P.D. Raschet i proektirovanie sushil'nykh ustanovok: uchebnik / P.D. Lebedev. – Moskva, 1963. – 319 s. (In Russian).
4. Lykov A.V. Teoriya sushki / A.V. Lykov. – Moskva, 1968. – 472 s. (In Russian).
5. Natsional'nyi molochnyi produkt – kurt / SH.K. Zhakupbekova i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 4(4). – S. 41-43. (In Russian).
6. Innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve kurta / L.V. Golubeva i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. 2018. – № 5. – S. 30-31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-proizvodstve-kurta>. (In Russian).
7. Chechikova L.S. Vliyaniye protsessov sushki na kachestvo i vykhod sukhogo syra kurt / L.S. Chechikova, I.V. Sukhova // Materialy Samarskoi oblastnoi studencheskoi konferentsii. Sektsiya «Tekhnologii pishchevykh proizvodstv i organizatsiya obshchestvennogo pitaniYA». Tom 1. – 11-22 aprelya 2022. (In Russian).
8. Abulova N.L. Razrabotka ehksperimental'nogo stenda dlya izucheniya dinamiki teplovogo fronta v vysushivaemykh produktakh / N.L. Abulova, K. Abdyrakhman uulu, I.G. KENZHAEV // Byulleten' nauki i praktiki. 2021. – № 10. – T. 7. – S. 259-264. URL: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/29>. (In Russian).
9. Belyaeva M.A. Optimizatsiya i apparaturnoe oformlenie infrakrasnoi sushki natsional'nogo kislomolochnogo produkta (kurta) / M.A. Belyaeva, M.S. Ali // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2017 – № 10. – S. 41-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-i-apparaturnoe-oformlenie-infrakrasnoy-sushki-natsionalnogo-kislomolochnogo-produkta-kurta>. (In Russian).
10. Пат. RU 2743871 С2 Россиискaya Federatsiya, МПК F26B 9/06(2006.01), F26B 3/30(2006.01), F26B 25/22(2006.01). Shkaf dlya infrakrasnoi sushki natsional'nogo kislomolochnogo produkta kurta / Belyaeva M.A., Samuehl' A.M.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Rossiiskii ehkonomicheskii universitet imeni G.V. PlekhanovA». – zayavl.: 26.02.18; opubl.: 01.03.21, Byul. № 7. – 12 s. (In Russian).
11. Burova N.O. Obzor primeneniya vakuumnykh sushil'nykh ustanovok v zarubezhnoi literature / N.O. Burova // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva / Mariiskii gosudarstvennyi universitet. 2019. – № 21. – S. 188-191. (In Russian).



**Е.М. Ағзам<sup>1</sup>, А.К. Кәкімов<sup>1</sup>, А.Е. Ергалиев<sup>1</sup>, Н.К. Ибрагимов<sup>1</sup>, Б.А. Лобасенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Кемеров мемлекеттік университеті,  
650000, Ресей Федерациясы, Кемерово қаласы, Красная көшесі, 6  
\*e-mail: ektu2009@gmail.com

## **КУРТТЫ КЕПТІРУ КЕЗІНДЕ ОҢТАЙЛЫ ЖАБДЫҚТЫ ТАҢДАУ**

*Дәстүрлі ашытылған сүт өнімі құртты өндіруде кептіру шешуші рөл атқарады. Бұл сақтау мерзімін ұзартады, құрылымы мен дәмін жақсартады. Кептірудің әртүрлі әдістері бар, олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар.*

*Күн және көлеңкеде кептіру үнемді, бірақ ауа-райына байланысты және баяу. Инфрақызыл кептіру жылдам және тиімді, бірақ қымбат жабдықты қажет етеді. Вакуумды кептіру ең жақсы сапаны қамтамасыз етеді, бірақ сонымен бірге ең қымбат. Конвективтік кептіру жылдам және тиімді, бірақ қоректік заттардың жоғалуына әкелуі мүмкін.*

*Сәйкес кептіру әдісін таңдау өндіріс ауқымына, ресурстардың болуына, өнімнің қажетті сапасы мен құнына байланысты. Шағын және орта өнеркәсіптер үшін конвективтік немесе инфрақызыл кептіру ең жақсы нұсқа болуы мүмкін.*

*Таңдалған әдіске қарамастан, кептіру жабдығының энергия тиімділігін, жұмыс істеудің қарапайымдылығын және сенімділігін ескеру маңызды. Кептіру жабдығын дұрыс таңдау құрттың жоғары сапасы мен ұзақ сақтау мерзіміне кепілдік береді.*

*Бұл мақалада құрттарды кептіру үшін олардың бірегей сипаттамалары мен өндіріс ерекшеліктерін ескере отырып, мамандандырылған жабдықты әзірлеу қажеттілігіне баса назар аударылады. Нарықта қолайлы жабдықтың жоқтығы жағдайында ғалымдар осы мақсат үшін қолданыстағы шешімдерді бейімдеді. Дегенмен, жұмыста ұсынылған конвективтік кептіру құрылғысы Қазақстандағы құрт өндірісіндегі маусымдық проблеманы шеше алатын бірқатар артықшылықтарға ие елеулі жаңалық болып табылады.*

**Түйін сөздер:** ұлттық тағамдар, құрт, кептіру цехы, ашытылған сүт өнімдері, шағын және орта бизнесті дамыту, кептіру жабдықтары, құрт өндірісі, тағам кептіру. Таңдалған әдіске қарамастан, Кептіру жабдығының энергия тиімділігін, жұмысының қарапайымдылығын және сенімділігін ескеру маңызды. Кептіру жабдықтарын дұрыс таңдау кепілдік береді.

**E.M. Agzam<sup>1</sup>, A.K. Kakimov<sup>1</sup>, A.E. Yerengaliev<sup>1</sup>, N.K. Ibrahimov<sup>1</sup>, B.A. Lobasenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarima University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, he. Glinki, 20 A

<sup>2</sup>Kemerevsky State University,  
650000, Russian Federation, Kemerovo, ul. Krasnaya, 6  
\*e-mail: ektu2009@gmail.com

## **CHOOSE THE OPTIMAL EQUIPMENT FOR THE DRY COURT**

*Drying plays a crucial role in the production of kurt, a traditional fermented milk product. It extends shelf life, improves structure and taste. There are various drying methods, each with its own advantages and disadvantages.*

*Solar and shade drying are economical, but depend on weather conditions and are slow. Infrared drying is fast and effective, but requires expensive equipment. Vacuum drying provides the best quality, but is also the most expensive. Convective drying is fast and effective, but can result in nutrient loss.*

*The selection of a suitable drying method depends on the scale of production, availability of resources, required product quality and cost. For small and medium-sized industries, convective or infrared drying may be the best options.*

*Regardless of the method chosen, it is important to consider the energy efficiency, ease of operation and reliability of the drying equipment. The correct choice of drying equipment guarantees high quality and long shelf life of kurt.*

*This article emphasizes the need to develop specialized equipment for drying kurts, taking into account their unique characteristics and the specifics of production. In the context of the lack of suitable equipment on the market, scientists have adapted existing solutions for this purpose. However, the convective drying device presented in the work is a significant innovation that has a number of advantages that can solve the problem of seasonality in the production of kurts in Kazakhstan.*

**Key words:** national cuisine, kurt, drying plant, fermented milk products, development of small and medium-sized businesses, drying equipment, kurt production, food drying.

#### Сведения об авторах

**Ерхан Мейрамулы Ағзам\*** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [ektu\\_09@mail.ru](mailto:ektu_09@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

**Айтбек Калиевич Какимов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: [bibi.53@mail.ru](mailto:bibi.53@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Амангельды Еренгалиевич Еренгалиев** – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +77052763541, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

**Надир Кадырович Ибрагимов** – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: [ibragimnk@mail.ru](mailto:ibragimnk@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Ерхан Мейрамулы Ағзам\*** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [ektu\\_09@mail.ru](mailto:ektu_09@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

**Айтбек Калиевич Какимов** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдық және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: [bibi.53@mail.ru](mailto:bibi.53@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Амангельды Еренгалиевич Еренгалиев** – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры, көш. Глинка 20А, Қазақстан Республикасы, Семей қ., телефон: +77052763541, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

**Надир Кадырович Ибрагимов** – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының оқытушысы, к. Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка 20А, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: [ibragimnk@mail.ru](mailto:ibragimnk@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

#### Information about the authors

**Erkhan Agzam\*** – doctoral student of the department “Technological equipment and mechanical engineering”; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [ektu\\_09@mail.ru](mailto:ektu_09@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

**Aitbek Kakimov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [bibi.53@mail.ru](mailto:bibi.53@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Amangeldy Yerengaliyev** – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>

**Nadir Ibragimov** – Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: [ibragimnk@mail.ru](mailto:ibragimnk@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

*Поступила в редакцию 19.04.2024  
Принята к публикации 31.05.2024*

**Н.Е. Байсалова\*, Е.Я. Шаяхметов, Д.Н. Серикбеков**  
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., көш. Глинка, 20 А  
\*e-mail: baisalova.nazym@mail.ru

## ЭКСПЕРИМЕНТ ЖҮРГІЗУ АРҚЫЛЫ КЕДІР-БҰДЫРЛЫҚТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ПАРАМЕТРЛІК МОДЕЛІН НАҚТЫЛАУ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыс беттің кедір-бұдырын қалыптастырудың параметрлік моделін зерттеуге және нақтылауға арналған. Қолданыстағы параметрлік модельді нақтылау кедір-бұдырдың пайда болу процесіне әсер ететін оңтайлы параметрлерді анықтау мақсатында эксперименттік зерттеулер жүргізу арқылы жүргізілді. Эксперимент әр түрлі факторларды қарастырады, мысалы, өңдеу жылдамдығы, құрал түрі, материалдың бастапқы сипаттамалары және басқалары, олардың беттің соңғы сипаттамаларына әсерін анықтау мақсатында. Мақалада өңдеу шарттарына байланысты сегіз  $a_{i(i=1,2,3,4)}$  және  $b_{i(i=1,2,3,4)}$  параметрлері бар математикалық модель сипатталған. Беттің кедір-бұдырын қалыптастыруда құралдың Кесу бөлігінің материалы, кесу жылдамдығы үлкен рөл атқарады. Алынған деректер кесу жылдамдығының барлық диапазонында  $ra-V$  логистикалық талдауын жүргізу үшін бастапқы параметр мәндерін тағайындау кезінде пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелерін материалдарды өңдеу процестерін оңтайландыру және алынған өнімдердің сапасын жақсарту үшін қолдануға болады. Деректер өнеркәсіптік және инженерлік қосымшаларда беттің кедір-бұдырын қалыптастырудың дәлірек және тиімді модельдерін жасау үшін маңызды мәліметтер береді. Алынған нәтижелер модельдің болжамдарын растап қана қоймайды, сонымен қатар Үстірт сипаттамалардың қалыптасуында маңызды рөл атқаратын қосымша нюанстарды анықтайды.

**Түйін сөздер:** математикалық модель, кедір-бұдыр, тәжірибе, талдау, беткі қабат, бұралу.

### Кіріспе

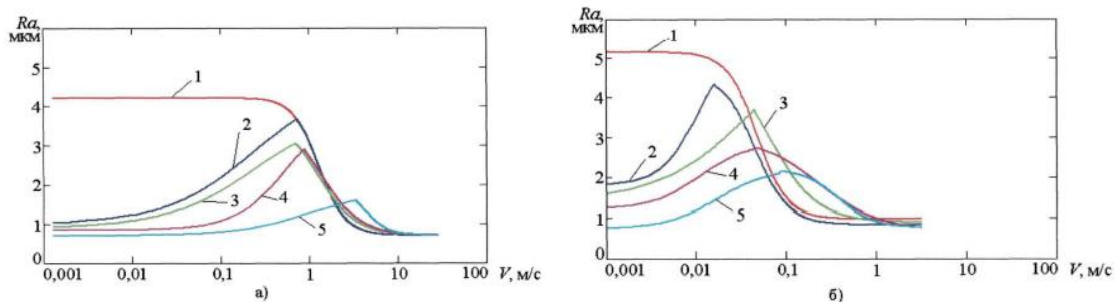
Беттің кедір-бұдырын қалыптастыру процестері өнеркәсіптік өндіріс пен инженерлік қосымшалар саласында шешуші рөл атқарады. Бұл процестерді тиімді басқару өнімнің жоғары сапасына қол жеткізудің, сондай-ақ өндірістік процестерді оңтайландырудың негізгі факторы болып табылады. Осы мақсатқа жетудің бір әдісі-әр түрлі параметрлердің беткі кедір-бұдырдың пайда болуына әсерін жүйелеуге мүмкіндік беретін параметрлік модельдерді қолдану [1].

Зерттеудің мақсаты өңдеу жылдамдығы, құрал түрі және бастапқы материалдың сипаттамалары сияқты әртүрлі факторларды ескере отырып, кедір-бұдырды қалыптастыру процесіне әсер ететін оңтайлы параметрлерді анықтау болып табылады. Нәтижелер өндірістік процестерді оңтайландыру үшін маңызды деректерді ұсынып қана қоймайды, сонымен қатар өнеркәсіптік және инженерлік тәжірибеде қолданылатын дәлірек модельдерге негіз болады. Бұл зерттеулер материалдарды өңдеудің заманауи технологияларына және өндірілетін өнімнің сапасын жақсартуға негізгі үлес болып табылады.

### Зерттеу әдістері

Математикалық модельдің сипаттамасы: математикалық модель [2] өңдеу шарттарына тәуелді сегіз  $a_{i(i=1,2,3,4)}$  және  $b_{i(i=1,2,3,4)}$  параметрлері бар. Осы параметрлерді сипаттау үшін біз жұмыстардан алынған эксперимент деректерін қолдандық [3, 4].

Алынған деректер екі логистиканы бірлесіп қолдану арқылы кесу жылдамдығының барлық диапазонында  $ra-V$  логистикалық талдауын жүргізу үшін бастапқы параметр мәндерін тағайындау кезінде пайдаланылды. Логистикалық талдаудың нәтижесі болып табылатын математикалық модельдің барлық параметрлері 1-суретте математикалық модельдің көмегімен есептелген тәуелділік графиктері көрсетілген [5,6]. Модельді құрудың осы кезеңінде есептелген деректердің сәйкестігі туралы қазірдің өзінде айтуға болады, мысалы,  $R^2$  анықтау коэффициенті 0,97-ден 0,99-ға дейінгі диапазонда, ал есептеудің стандартты қателігі 0,19-дан аспайды.



СОТС: 1 – вакуум, 2 – ауа, 3 СОЖ – май негізіндегі салқындатқыш, 4 – су, 5 – белсенді шешімдер

1 сурет – Болат 45 (а) және болат 12Х18Н10Т (б) үшін математикалық үлгі бойынша [2] тәуелділік графиктері

Деректерді талдау  $a_1$  параметрінің мәні 0,7-1,8 мкм аралығында өзгеретінін көрсетеді. Ауада бұралу арқылы өңдеу кезінде және май негізіндегі СОЖ көмегімен бұрау кезінде су негізіндегі СОЖ көмегімен бұралумен салыстырғанда  $a_1$  параметрлері жоғары болады.

45 болатты және 12Х18Н10Т болатты салыстыру кезінде беттің кедір-бұдыр қисықтарының кесу жылдамдығына тәуелділігі экстремум жылдамдығының мәні бойынша ( $V_M$ ) қисықтарға қараған кезде (1 сурет) ретке жақын. Мұның бәрі, әрине,  $a_4$  және  $b_4$  параметрлерінің мәндерін көрсетеді, ал осы екі болат үшін СОТС белсенділігінің өсуімен  $V_M$  және  $a_4$  және  $b_4$  мәндерінің бірдей өсу тенденциясы сақталады.

Құралдың кескіш бөлігінің материалының түрі беттің кедір-бұдырлығын қалыптастыруда үлкен рөл атқара алады, бұл мәлімдемені тексеру үшін біз бірқатар құрал материалдары қолданылатын [3, 4] тәжірибелік деректерді пайдаланамыз. Осы тәжірибелер кезінде кесу режимдері: жұмыс материалы болат 45, токарлық, СОТС (ауа, СС14);  $s=0.075$  мм/айн;  $t=0,5$  мм;  $r_b=0,8$  мм;  $\varphi=45^\circ$ ;  $\varphi_1=15^\circ$ ;  $\gamma=0^\circ$ ;  $\alpha=6^\circ$ .

Сондай-ақ пайдалану үшін оңтайлы [2] параметрлерді біріктіру арқылы азайту болып табылады, СОТС негізгі түрлерін ажыратуға болады: 1 – вакуум; 2 – ауа; 3 – Май негізіндегі салқындатқыш СОЖ; 4 – су негізіндегі салқындатқыш.

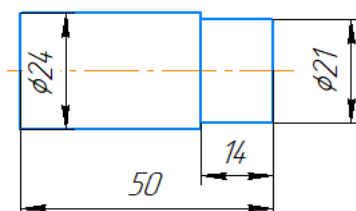
45 және 12Х18Н10Т болат үшін математикалық модельдің параметрлік сипаттамасының адекваттылығының жеткілікті жоғары мәндері алынды [2]: анықтау коэффициенті 0,9...0,98 диапазонында жатыр, есептеудің стандартты қателігі 0,1. Кедір-бұдырлықтың кесу жылдамдығына тәуелділіктері көрсетілген: тәжірибелік мәліметтер бойынша [3, 4] және 45 болат үшін математикалық модель [2] арқылы есептелген (СОТС: ауа және су негізіндегі кесу сұйықтығы).

Осылайша, бұралу кезінде беттің кедір-бұдырын қалыптастыру процесінің математикалық моделі бар деп айтуға болады, оның негізі кедір-бұдырдың ( $Ra$ ) кесу жылдамдығына және қолданылатын СОТС-қа күмбез тәрізді тәуелділігі болып табылады, ол  $Ra(\max(VM))$  қиылысу нүктесімен қиылысатын екі логистикадан тұратын үзіліс функциясымен сипатталады. Вакуумда бұралған кезде  $ra-V$  математикалық тәуелділіктің ерекше жағдайы, мұнда ол тек модельдің екінші терминімен сипатталады [2] бүкіл кесу жылдамдығының интервалында.

### Тәжірибе жүргізу және параметрлік модельді нақтылау

Бұл жұмыстағы біздің міндетіміз-цементтелген карбидті кескіш құралдармен (құралдармен) пышақты өңдеу процесінің кеңейтілген жағдайында математикалық модельдің параметрлік сипаттамаларын іс жүзінде нақтылау.

Кесу жылдамдығы сақина бөлігінің сыртқы бетінің айналуымен 0,005 м/с-тан 10 м/с-қа дейін үш еседен астам өзгерген кезде эксперименттік зерттеу жүргізіледі (сурет).2) (аяқтарды Фрезерлеу, алдын ала кедір-бұдырлықтан кейін); негізгі беру (0,075 мм/айналым), 0,05... Бөлшектердің негізгі өлшемі 0,6 мм/айналым шегінде өзгереді (сурет). 2); бөлшектердің материалы-45 болат [7].



2 сурет – Білік бөлігі

Математикалық модель бойынша кедір-бұдырдың пайда болуына аспаптық материалдардың аз әсерін ескере отырып, Т15К10 қатты қорытпадан жасалған пластиналары бар өтпелі тірек кескіш қолданылды. Құралдың негізгі параметрлері: кескіш 2501-0567 МЕСТ 18870-73, ГОСТ 2379-73 сәйкес пластиналардың пішіні [8].

Тәжірибе үшін 2003 жылы шығарылған 6056 маркалы бұрандалы кескіш машина қолайлы техникалық жағдайда пайдаланылды қолданылды. Тәжірибенің өзі «Семей механикалық зауыты» ЖШС базасында, механикалық цехта жүргізілді.

Зерттеу келесі салқындатқыштарды қолдану арқылы жүргізілді: ауа және су негізіндегі салқындатқыш – ТЕСНCOOL 1000 маркасы, ол сумен араласатын макроэмульсия. 0,075 мм/айн берілісімен (негізгі беру ретінде 0,075 мм/айн таңдаймыз) біз 0,0035 м/с-тен 4,5 м/с (0,0035, 0,005, 0,01, 0,016, 0,042, 0,9, 1,0, 2,0, 3,0, 4,5).

Қалған берілістер үшін жылдамдықтың үш аймақтағы кедір-бұдырлығына әсері зерттелді (1 кесте), бұл төмен жылдамдықта; берілген материал үшін жиналудың максималды түзілуіне сәйкес жылдамдықта; жоғары жылдамдықтар. Тәжірибе максималды 7 м/с жылдамдықпен жүргізілді, қалғандары үшін (төмен жылдамдықтар 0,01 ... 0,05; максималды түзілу 0,4 ... 1,2) [3] деректері пайдаланылды.

1 кесте – Зерттеу материал үшін 7м/с жылдамдықтағы кедір-бұдырға жылдамдықтың әсері болат 45, барлығы 18 үлгі өңделді (9 су араластырғыш эмульсияны СОЖ ретінде және 9 ауа ортасында өңдеу кезінде)

Жылдамдық аймағы	V м/с	Кедір-бұдырлық Ra					
		Беріліс (орта-ауа)			Беріліс (орта-СОЖ-эмульсия)		
		0,05	0,3	0,6	0,05	0,3	0,6
Жоғары жылдамдықтар	5... 15 (негізгі 7 м/с)	0,72	3,1	8,7	0,71	3,7	8,1
		0,81	4,1	9,2	0,61	3,2	7,9
		0,8	3,8	9,2	0,75	3,5	8,9

Кедір-бұдырды өлшеу «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ-да «ТЖ және МШ» кафедрасында, 1100 аудитория, № 7 корпуста жүргізілді. Өлшеулер 130-профильметрде жүргізілді .

2 кесте – Математикалық модельдің түзетілген параметрлік сипаттамасы [2] ( $S = 0,075 \frac{\text{мм}}{\text{айн}}$ ,  $r_B = 0,8\text{мм}$ )

$b_4$	0,13	0,13	0,13
$b_3$	-5,36	-5,36	-5,50
$b_1 + b_2$ , мкм	4,2	4,2	3,68
$b_2$ , мкм	3,50	3,5	2,98
$b_1$ , мкм	0,70	0,70	0,7
$a_4$	-	-0,68	-0,28
$a_3$	-	2,00	4,17
$a_1 + a_2$ , мкм	-	4,09	3,68
$a_2$ , мкм	-	2,74	2,98
$a_1$ , мкм	-	1,35	0,70
$V_M$ , м/с	-	0,78	0,87
	Вакуум	Ауа	Су СОЖ
	Болат 45		



Модельді пайдаланған кезде  $a_1$ ,  $b_1$  параметрлері кескіштің жоғарғы жағындағы беріліс пен радиуска тәуелділік ретінде көрсетілуі керек. Бұл 4-суретте кедір-бұдырдың берілуіне тәуелділігі ретінде ұсынылған, ол екі бөлімнен тұрады:

- 0,2 мм/айн дейін бұрау кезінде кедір-бұдырлық 0,7-ден 2 мкм-ге дейін баяу өседі (жоғары кесу жылдамдығы аймағы); 1,6-дан 3,5 мкм-ге дейін (төмен кесу жылдамдығы аймағы); 2,5-тен 4,5 мкм-ге дейін (максималды өсу жылдамдығы аймағы).
- екінші бөлімде эксперимент бойынша қисық есептелгенмен біріктіріледі, содан кейін кедір-бұдырлық беру квадратына пропорционалды түрде артады [8].

2 тәуелділік, жоғары жылдамдықтар үшін модельдің  $b_1$  параметрінің өзгеруін көрсетеді. Салқындату сұйықтығымен бұрау кезінде төмен жылдамдықтар үшін тәуелділік кедір-беріс қисығымен сәйкес келеді, сәйкесінше оны беру қисығында  $a_1$  параметрін сипаттау үшін пайдалануға болады.

Талдаудан көрініп тұрғандай, 2, 3, 4 тәуелділіктерін ( $S = 0,2 \dots 0,3$  мм/айнға дейін) экспоненциал арқылы жеткілікті жақсы жуықтаумен сипаттауға болады. Кішкентай берілістер үшін (0,2 мм/айн төмен) және кескіш ұшының қисықтық радиусы 0,8 мм болса, экспоненциалды тәуелділік ретінде көрсетуге болады:

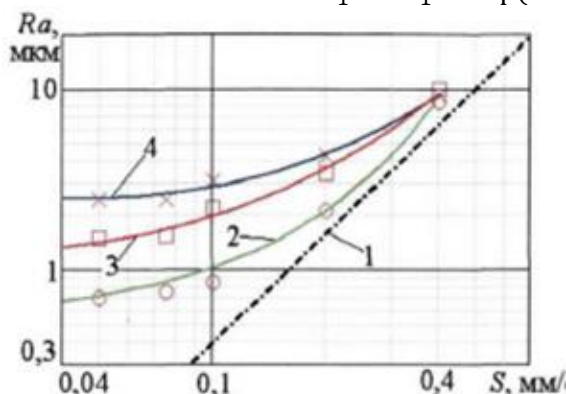
$$Ra = 0.5 \cdot \exp(7.2 \cdot S) \quad (1)$$

Жүргізілген талдауды ескере отырып, осы тәуелділіктен A1, B1 моделінің параметрлерінің берілуіне тәуелділігі көрсетілген теңдеуді алуға болады:

$$a_1 = b_1 = 0.5 \cdot \exp(7.2 \cdot S) \quad (2)$$

Алайда, ауада бұралған кезде (2) теңдеуге өзгерістер енгізіледі, өйткені бұл жағдайда  $a_1$ ,  $b_1$  параметрлері тең емес (4-сурет):

$$a_1 = 2b_1 = \exp(7.2 \cdot S) \quad (3)$$



(материал-45 болат, СОЖ жоқ бұралу: В. Л. Чебышев формуласы бойынша 1 –  $Ra_{расч}$ ; 2 формуласы бойынша 2-4 –  $b_1$ ; 0 –  $V=7$  м/с; ■ –  $V=0,01$  м/с; x –  $V=V_M$  (максимум) [10])

4 сурет-кедір-бұдырлықтың берілістерге тәуелділігі

Осылайша металдарды қайрау кезінде беттің кедір бұдырын қалыптастырудың математикалық моделін осы түрде қабылдаймыз:

$$Ra(V) = \begin{cases} a_1 + \frac{a_2}{1 + \exp(-a_3 \cdot (\log(V) - a_4))} & \text{при } V \leq V_M \\ b_1 + \frac{b_2}{1 + \exp(-b_3 \cdot (\log(V) - b_4))} & \text{при } V \geq V_M \end{cases} \quad (4)$$

ауада бұралған кезде:  $a_1 = 2b_1 = \exp(7.2 \cdot S)$

СОЖ көмегімен бұрау кезінде:  $a_1 = b_1 = 0.5 \cdot \exp(7.2 \cdot S)$

мұндағы  $a_1$ ,  $b_1$  – модель параметрлері;  $a_{i(i=2,3,4)}$ ,  $b_{i(i=2,3,4)}$  параметрлері әрбір жеке материал үшін таңдалады және  $sots$  (3-кесте) және бұралу шарттарына қатысты өзгермейді. Бұл математикалық модель сыртқы беттерді әрлеу және жартылай өңдеу үшін жұмыс істейді.

### **Эксперимент нәтижелері**

1. Металдарды қайрау кезінде беттің кедір-бұдырын қалыптастырудың математикалық моделі (4) теңдеуімен көрсетілген. Көміртекті болаттардың негізгі өкілі ретінде 45 болатқа арналған бұл модельдің параметрлік сипаттамасы 3-кестеде келтірілген.
2. Эксперимент пен теориялық деректерді талдау бұл математикалық модельді сыртқы беттерді әрлеу үшін жұмыс деп санауға болатындығын көрсетеді.

### **Ғылыми нәтижелерді талқылау**

Эксперимент барысында алынған ғылыми нәтижелерді талқылау олардың маңыздылығы мен зерттеу тақырыбына әсерін түсінудегі негізгі қадам болып табылады. Бұл жұмыста эксперимент бетінің кедір-бұдырының пайда болуына әсер ететін параметрлердің өзара байланысын егжей-тегжейлі қарастыруға мүмкіндік берді. Нәтижелер параметрлік модельдің негізгі болжамдарын растады, сонымен қатар қосымша назар аударуды және талдауды қажет ететін күтпеген аспектілерді анықтады.

Маңызды қорытынды параметрлердің белгілі бір комбинациялары кедір-бұдырлыққа бұрын болжанғаннан гөрі айтарлықтай әсер етеді. Бұл жағдай технологиялық процестерді оңтайландырудың жаңа көкжиектерін ашады, бұл оңтайлы беткі сипаттамаларға қол жеткізу үшін параметрлерді дәлірек реттеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, экспериментте табылған ерекшеліктер материалдарды беттік өңдеу саласындағы қосымша зерттеулердің бастапқы нүктесі бола алады. Бұл ерекшеліктерді түсіну кедір-бұдырды бақылау мен басқарудың тиімді әдістерін жасауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өндіріс сапасының жақсаруына және соңғы өнімдердің өнімділігінің жақсаруына әкелуі мүмкін [11].

### **Қорытынды**

Қорытындылай келе, кедір-бұдырдың пайда болуының параметрлік моделін нақтылау бойынша эксперимент жүргізу осы тақырыпты зерттеудегі маңызды кезең болып табылады. Алынған нәтижелер модельдің болжамдарын растап қана қоймайды, сонымен қатар Үстірт сипаттамалардың қалыптасуында маңызды рөл атқаратын қосымша нюанстарды анықтайды. Бұл тәжірибе процестерді оңтайландыру және өнім сапасын жақсарту үшін жаңа перспективалар ұсына отырып, параметрлер мен кедір-бұдырлық қатынастары туралы түсінігімізді байытады. Осы тақырыпты одан әрі зерттеу және дамыту инженерлік және технологиялық шешімдерді одан әрі жетілдіруге ықпал ете отырып, дәлірек және тиімді модельдерге әкелуі мүмкін.

### **Әдебиеттер тізімі**

1. Optimisation of cutting parameters of new material orthotic insole using a Taguchi and response surface methodology approach / P.W.Anggoro et al // Alexandria Engineering Journal. – 2022. – № 61. – P. 3613-3632.
2. Определение стабильности параметров шероховатости по характеру резания во времени: научный проект / Университет имени Шакарима города Семей / А.М. Алимуратов А.М, 2022.
3. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под общей ред. С.Г. Энтелиса, Э.М. Берлинера. М.: Машиностроение, 1995. – 496 с.
4. Серов М.Е. Определение закономерностей формирования шероховатости поверхностей при лезвийной обработке и оценка возможностей смазочно-охлаждающих технологических сред по ее снижению: дис....канд. тех. наук: 05.03.01 / Серов Михаил Евгеньевич. – Горьк. политехн. ин-т им. А.А. Жданова. – Горький, 1988. – 222 с.
5. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем : учеб. пособие / В.И. Аверченков, В.П. Фёдоров, М.Л. Хейфец – М.: Флинта, 2011. – 271 с.
6. Трент Е.М. Резание металлов / Е.М. Трент; Перевод с англ. Г.И. Айзенштока. – Москва: Машиностроение, 1980. – 263 с.
7. Denghui Li. Active control of milling chatter considering the coupling effect of spindle-tool and workpiece systems / Li. Denghui, Cao Hongrui, Chen Xuefeng // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2022. – Volume 169. – P. 108769.



8. Jianghai Shi Chatter stability analysis in Micro-milling with aerostatic spindle considering speed effect / Shi Jianghai, liang Jin Xiao, Cao Hongrui. // *Mechanical Systems and Signal Processing*. – 2022. – Volume 169. – P. 108620.
9. Infrared Thermography for Investigation of Surface Quality in Dry Finish Turning of Ti6Al4V / De Maddis et al // *Metals*/ – 2022. – № 12. – P. 154.
10. Чебышёв П.Л. Полное собрание сочинений. Том IV. Теория механизмов / Отв. ред. акад. И.И. Артоболевский, акад. Н.Г. Бруевич. –Изд. акад. наук СССР, Москва-Ленинград – 1951. Т. 4. – 1951. – 254 с.
11. Установление точности обработки поверхности в процессе резания и определение факторов, влияющих на стабильность параметров шероховатости с учетом эффекта деформации при тепловом воздействии и действии колебаний режущих инструментов / Д.Т. Жайлаубаев, С.С. Шахова и др. // *Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time: Materials of the VII International Scientific-Practical Conference*. Nagoya, Japan, February, 2022. – С. 9-11.

### References

1. Optimisation of cutting parameters of new material orthotic insole using a Taguchi and response surface methodology approach / P.W.Anggoro et al // *Alexandria Engineering Journal*. – 2022. – № 61. – R. 3613-3632. (In English).
2. Opredelenie stabil'nosti parametrov sherokhovatosti po kharakteru rezaniya vo vremeni: nauchnyi proekt / Universitet imeni Shakarima goroda Semeei / A.M. Alimuratov A.M. – 2022. (In Russian).
3. Smazochno-okhlazhdayushchie tekhnologicheskie sredstva dlya obrabotki metallov rezaniem: Spravochnik / Pod obshchei red. S.G. Ehntelisa, E.H.M. Berlinera. – M.: Mashinostroenie, 1995. – 496 s. (In Russian).
4. Serov M.E. Opredelenie zakonomernostei formirovaniya sherokhovatosti poverkhnostei pri lezviinoi obrabotke i otsenka vozmozhnostei smazochno-okhlazhdayushchikh tekhnologicheskikh sred po ee snizheniyu: diS...kand. tekhn. nauk: 05.03.01 / Serov Mikhail Evgen'evich. – Gor'k. politekhn. in-t im. A.A. Zhdanova. – Gor'kii, 1988. – 222 s. (In Russian).
5. Averchenkov V.I. Osnovy matematicheskogo modelirovaniya tekhnicheskikh sistem: ucheb. posobie / V.I. Averchenkov, V.P. Fedorov, M.L. Kheifets – M.: Flinta, 2011. – 271 s. (In Russian).
6. Trent E.M. Rezanie metallov / E.M. Trent; Perevod s angl. G.I. Aizenshtoka. – Moskva: Mashinostroenie, 1980. – 263 s. (In Russian).
7. Denghui Li. Active control of milling chatter considering the coupling effect of spindle-tool and workpiece systems / Li. Denghui, Cao Hongrui, Chen Xuefeng // *Mechanical Systems and Signal Processing*. – 2022. – Volume 169. – R. 108769. (In English).
8. Jianghai Shi Chatter stability analysis in Micro-milling with aerostatic spindle considering speed effect / Shi Jianghai, liang Jin Xiao, Cao Hongrui. // *Mechanical Systems and Signal Processing*. – 2022. – Volume 169. – R. 108620. (In English).
9. Infrared Thermography for Investigation of Surface Quality in Dry Finish Turning of Ti6Al4V / De Maddis et al // *Metals*/ – 2022. – № 12. R. 154. (In English).
10. Chebyshev P.L. Polnoe sobranie sochinenii. Tom IV. Teoriya mekhanizmov / Otv. red. akad. I.I. Artobolevskii, akad. N.G. Bruevich. –Izd. akad. nauk SSSR, Moskva-Leningrad – 1951. Т. 4. – 1951. – 254 s. (In Russian).
11. Ustanovlenie tochnosti obrabotki poverkhnosti v protsesse rezaniya i opredelenie faktorov, vliyayushchikh na stabil'nost' parametrov sherokhovatosti s uchetom ehffekta deformatsii pri teplovom vozdeistvii i deistvii kolebanii rezhushchikh instrumentov / D.T. Zhailaubaev, S.S. Shakhova i dr. // *Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time: Materials of the VII International Scientific-Practical Conference*. Nagoya, Japan, February, 2022. – S. 9-11. (In Russian).

**Н.Е. Байсалова\*, Е.Я. Шаяхметов, Д.Н. Серикбеков**  
 Университет имени Шакарима города Семей,  
 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глиники, 20 А  
 \*e-mail: baisalova.nazym@mail.ru

### УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Данная работа посвящена исследованию и уточнению параметрической модели формирования шероховатости поверхности. Уточнение имеющейся параметрической модели проводилось путем проведения экспериментальных исследований с целью определения оптимальных параметров, влияющих на процесс формирования шероховатости. В рамках эксперимента рассматриваются различные факторы, такие как скорость обработки, тип инструмента, исходные характеристики материала и другие, с целью выявления их влияния на конечные характеристики поверхности. В статье описана математическая модель имеющая восемь параметров  $a_{i(i=1,2,3,4)}$  и  $b_{i(i=1,2,3,4)}$ , которые зависят от условий обработки. Большую роль в формировании шероховатости поверхности имеет вид материала режущей части инструмента, скорость резания. Данные которые были получены использовались при назначении начальных значений параметров для проведения логистического анализа Ra-V по всему диапазону скоростей резания.

Результаты исследования могут быть применены для оптимизации процессов обработки материалов и повышения качества получаемых изделий. Данные предоставляют важные сведения для разработки более точных и эффективных моделей формирования шероховатости поверхности в промышленных и инженерных приложениях. Полученные результаты не только подтверждают предположения модели, но и выявляют дополнительные нюансы, которые могут играть существенную роль в формировании поверхностных характеристик.

**Ключевые слова:** математическая модель, шероховатость, эксперимент, параметрическая модель, поверхность, точение, формирование шероховатости.

**N.E. Baisalova\*, E.Ya. Shayakhmetov, D.N. Serikbekov**

Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A  
\*e-mail: baisalova.nazym@mail.ru

## REFINEMENT OF THE PARAMETRIC MODEL OF ROUGHNESS FORMATION BY CONDUCTING AN EXPERIMENT

*This work is devoted to the study and refinement of the parametric model of the formation of surface roughness. The refinement of the available parametric model was carried out by conducting experimental studies in order to determine the optimal parameters affecting the process of roughness formation. As part of the experiment, various factors such as processing speed, tool type, initial material characteristics and others are considered in order to identify their influence on the final surface characteristics. The article describes a mathematical model with eight parameters  $a_{i(i=1,2,3,4)}$  and  $b_{i(i=1,2,3,4)}$ , which depend on the processing conditions. An important role in the formation of surface roughness is played by the type of material of the cutting part of the tool, the cutting speed. The data that was obtained was used to assign initial parameter values for conducting a logistic analysis of Ra-V over the entire range of cutting speeds.*

*The results of the study can be applied to optimize the processing of materials and improve the quality of the products obtained. The data provides important information for the development of more accurate and efficient models of surface roughness formation in industrial and engineering applications. The results obtained not only confirm the assumptions of the model, but also reveal additional nuances that may play a role.*

**Key words:** mathematical model, roughness, experiment, analysis, surface, turning.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Назым Ерлановна Байсалова\*** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: baisalova.nazym@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1069-0949>.

**Ержан Ярнарович Шаяхметов** – PhD, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

**Дидар Ниязбекулы Серікбеков** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: 777.fun@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7720-5555>.

### Сведения об авторах

**Назым Ерлановна Байсалова\*** – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: baisalova.nazym@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1069-0949>.

**Ержан Ярнарович Шаяхметов** – PhD, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

**Дидар Ниязбекулы Серикбеков** – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: 777.fun@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7720-5555>.

#### Information about the authors

**Nazym Erlanovna Baisalova\*** – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: baisalova.nazym@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1069-0949>.

**Yerzhan Yarnarovich Shayakhmetov** – PhD, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>

**Didar Niyazbekuly Serikbekov** – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: 777.fun@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7720-5555>.

Редакцияға енуі 29.04.2024

Өңдеуден кейін түсуі 21.05.2024

Жариялауға қабылданды 23.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-11

FTAXP: 55.03.11



**Ж.А. Сергибаева\*, Г.Б. Абдилова, Б.Б. Кабулов, А.Е. Еренгалиев, М.Е. Шаменов**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А  
\*e-mail: jadra1980@mail.ru

#### ҮЙКЕЛІС КҮШТЕРІНІҢ БӨЛШЕК БЕТТЕРІН ӨНДЕУДЕГІ ТИГІЗЕР ӘСЕРЛЕРІ

**Аңдатпа:** Орындалған мақалада үйкеліс кезінде үйкелісетін беттердің субмикроскопиялық көлемінде және макро, микро-да өтетін күрделі үдерістер пайда болатындығы туралы айтылған. Физикалық рельефтің, беттік байланыстардың пайда болуы түйісетін денелердің макро, микро және субмикроскопиялық көрсеткіштеріне тәуелді. Бұл көрсеткіштер түйісудің нақты ауданын, серпімді-пластикалық жүрудің қарқындылығы мен қасиеті, адсорбция, диффузия, жылу бөліну және түйісу алаңындағы басқада жағдайларын анықтайды. Машина жасаудың, құрал жасаудың әр түрлі салаларында үйкеліс торабының бөлшектерін жобалауда, және де әр түрлі беріктіктегі үйкелісетін материалдардың сыртқы үйкеліс күшінің түзілу заңдылығына түйісудің нақты түйісу ауданына әсерін білу маңызды. Сыртқы үйкеліс үдерісіндегі масштабты әсердің алатын рөлі жайындағы ғалымдардың зерттеулері негізінде тозуға беріктік масштабты факторға байланысты екендігі дәлелденген. Машина бөлшектерінің үйкеліс тораптарын жасауда масштабты фактордың сыртқы үйкеліс күшінің (коэффициентінің) және тозудың мөлшеріне әсерін ескерілді. Бұл қозғалыста болатын тораптардың материалдарын және де өлшемдерін оңтайландырылған антифрикционды және тозуға тұрақтылық қасиеттерімен негізделген. Сондықтан да конструктивті сипаттағы есептеулерді жақсы жүргізуге, бұл өз ретінде төзімділіктің ұлғаюына және құрылым салмағын төмендетуге мүмкіндік беретіндігі анықталды.

**Түйін сөздер:** деформация, фрикцион, адгезия, индентор, микрокесу, масштабты фактор.

#### Кіріспе

Қазіргі таңда орта және шағын кәсіпорындардағы мәселелердің бірі, ол- технологиялық өңдеу кезіндегі бөлшектің үйкеліс күшінің өнделетін бөлшекке әсерін төмендету арқылы сапаны жоғарылату болып табылады. Ғылым мен техниканың дамуымен қатар, машиналар мен құрылғылар конструктивті өзгешеліктерге ұшырауда, бөлшектер және тораптар беріктігі

мен төзімділігіне деге талаптар күшейді. Осыған орай бөлшек бетінің сапасы мен дайындау дәлдігіне деген талап арта түсуде [1].

Сонымен қатар жоғары қалитетті дәлдікке, дайындаманы әр түрлі өлшемдік өңдеуден өткізбей, жету мүмкін емес. Солардың ішінде кең таралғаны механикалық өңдеу әдістері болып табылады, тіпті сарапшылардың бағалауынша мұндай жағдай алдағы уақытта да сақталмақ. Бұл өңдеу әдістерін қолдану көп жағдайларда өңдеу дәлдігіне қойылған жоғары талаптарға сай келмейді, өз ретінде технологиялық үдеріске қосымша қымбат, бірақ талапқа сай өңдейтін өңдеу әдістерін қосуға әкеліп соқтырады. Алдын-ала өңдеу операцияларында аз шығын шығарып неғұрлым жоғары дәлдікке қол жеткізсек, соңғы өңдеу операцияларында көптеген шығындардан арыла аламыз.

Бірақ қазіргі уақытта өңдеудің технологиялық дәлдігін жоғарылату әдістерінің қоры тіптен аз, сол себепті алдыңғы қатарға жалпы өңдеу қателігіне жататын, бірақ әсері төмен қателіктерді түзеу арқылы дәлдікті жоғарылату іске асырылады. Сондай бір қателіктердің бірі аспап пен дайындаманың арасындағы үйкеліс болып табылады. Жалпы қателіктерде құрылғыны конструктивті жетілдіру барысында ол тек өсе түседі.

Деформацияланатын дайындама мен аспап түйіскен уақытта түйісу беттерінде үйкеліс күші пайда болады, олар өз ретінде деформацияның күштік режиміне, пішін өзгерісіне, аспаптың тозуына және бөлшек сапасы үлкен әсер етеді. Яғни, үйкеліс шартын сипаттайын сұрақ өзекті болып табылады.

Үйкеліс күшін төмендететін әр түрлі әдістерді қолдана отырып, деформацияны 5...10 есе төмендетуге болады, ал тозуды 100...1000 есе. Түйісудегі үйкеліс шартының өзгерісі деформация кезіндегі пішін өзгерісін қатты өзгертуі мүмкін. Бұл жерден байқайтынымыз бөлшекті өңдеу кезіндегі үйкеліс күшінің әсерін зерттеу өте маңызды екенін аңғарамыз. Үйкеліс күші, түйісетін екі қатты денені бір - біріне қатысты қозғалысы кезінде пайда болады. Яғни дайындама бетінде түйісетін жерде қозғалысқа қарама-қарсы күш пайда болады, ол өз ретінде дайындаманың аспапқа қатысты қозғалысын қиындатып бөлшектің сапасына әсер етеді. Ал аспаптың түйісу бетінде активті үйкеліс күші пайда болады, ол аспапты дайындама бағытымен алып кетуге тырысады, нәтижесінде тозу болады.

Машина бөлшектерінің үйкелісі кезінде үйкелісетін беттердің субмикроскопиялық көлемінде және макро, микро-да өтетін күрделі үдерістер пайда болады.

Сыртқы үйкеліс үдерісіндегі масштабты әсердің рөлін алғаш рет Б.И. Костецкий қарастырған. Оның деректеріне сүйенсек үйкелісетін беттердің өлшемдерінің өзгеруінен нақты тозудың мәні жеке жағдайларда алпысқа дейін өзгеруі мүмкін. Нақты тозудың мұндай үлкен өзгерісін автор жылу үдерісі көрсеткіштерінің өзгерісімен, нақты түйісу ауданымен және түйісу бетінің тазалығымен түсіндіріледі.

Басқа да жұмыстар қатарында дәл осындай механикалық көрсеткішке (пластикалық тозуға беріктік, кесуге сезімталдылық және т.б.) үйкеліс жұптарының абсолютті өлшемдерінің әсері айтылып өтеді. Тозуға беріктік масштабты факторға байланысты екі есеге дейін өзгеруі мүмкін екендігі көрсетілген.

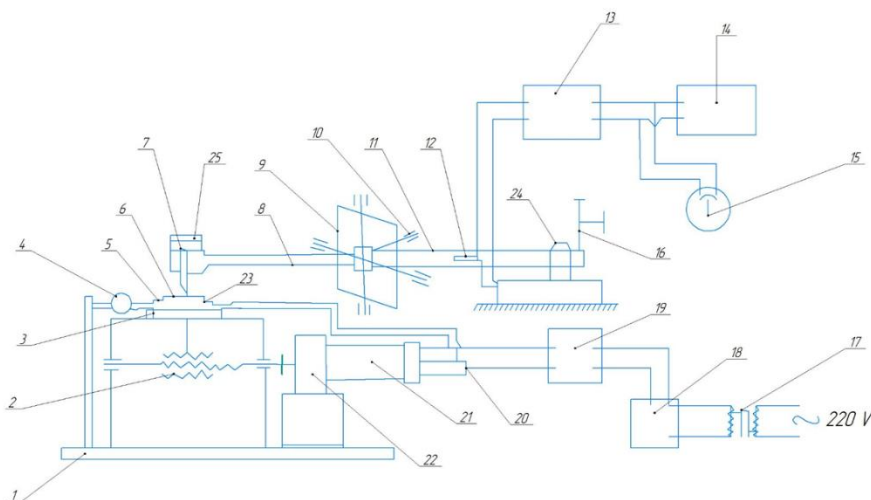
Түйісудің масштабының, механикалық деформациялық құрамды түзуші, суммарлық күш және сыртқы үйкеліс коэффициентінің өлшемі сыналатын үлгілердің беріктік қасиеттерінің өзгеруін ескере отыра зерттелді. Үлгілердің үш сериясына жүргізілген зерттеу нәтижелері, алдын-ала деформациялық және фазалық беріктендіруде индентормен түйісуде, жұмыс бөлігінің радиусы әр түрлі болған уақытта. Масштабты фактор, сыртқы үйкеліс күшінің (коэффициенттің) түзілуіне негізделген, үйкеліс үдерісінің сандық және сапалық көрсеткішіне күрделі әсер етеді [2].

### **Зерттеу әдістері**

Үйкеліс үдерістерін зерттеу үшін, жеке үйкеліс күшінің құрамдас бөліктерін анықтау үшін жоғары сезімтал трибометрлер қолданылды. № 1 микротрибометрдің жалпы көрінісі мен сұлбасы 1 суретте көрсетілген [3].

Трибометрдің жұмыс торабы төменгі жазық үлгіден, қозғалмалы 6 үстелге бекітілген және ползунда, ілермелі қозғалыс жасайтын. Үстелмен бірге ползунның қозғалуы электрлік қозғалтқышпен 21 тұрақты токпен төмендеткіш арқылы атқарылады. Конструкциялық

орындалуына байланысты қозғалмалы үстел үлгімен бірге 6 өзінің қозғалыс бағытына перпендикуляр қозғала алады. Бұл индентордың жоғары үлгісін жұмыс бетінің кез-келген нүктесінде төменгі үлгімен түйісуге мүмкіндік береді. Екінші үлгі-индентор тұтқада орнатылған 8, ол өз ретінде ұштірек пен аралық тұрыққа 9 байланысты өзара перпендикуляр жазықтықтарда бұрылыс жасай алады. Тұтқаның қарама-қарсы бетінде консольді түрде өлшегіш болат пластина 11 бекітілген, оған провалкалы тензөлшегіш бекітілген 12 қарсыластығы 128 Ом және 25 мм. Өлшегіш пластиналар алынбалы болады және күш мөлшеріне байланысты таңдалып алынады [4]. Микротрибометрдің жалпы көрінісі мен сұлбасы 1 суретте көрсетілген. Жазық үлгіге инденторды баяу түсіру үшін винт 16 қарастырылған. Өлшегіш пластинасы бар тұтқаның жүрісін көлденең жазықтықта шектеу тіректің 4 арқасында жүргізіледі. Инденторға нормаль күштің берілісі тура, жүктемелер 25 арқылы жүргізілді, тұтқа алаңына жоғарыдан салып отырып. Өлшем пластинкалы тұтқа жүктемелерді таңдау арқылы тепе-теңдік сақтайды. Тангенциалды күш салу серпімді пластинаның иілуімен өлшенді. Төменгі жазық үлгіні қозғау нәтижесінде, үйкеліс күші тұтқаны вертикаль осьті айналдыра қозғалады, соның нәтижесінде тензоөлшегіші бар өлшегіш пластинаны иіп өтіп, бұл өз ретінде мосттың тепе-теңдігінің бұзылуына және токтардың пайда болуына әкеледі. Олар 8 АНЧ-7м күшейткішімен күшейе түседі 13 және тура көрсететін М95 типті микроамперметрмен 15, Н 700 типті шлейфті осциллографтармен, МПО 14 тіркеледі [5].



- 1 – плита; 2 – бұранда; 3 – сырғыма; 4 – индикатор; 5 – үстел; 6 – қозғалмалы үстел; 7 – жоғарғы үлгі-индентор; 8 – тұтқа; 9 – аралық тұрық; 10 – ұштірек; 11 – пластина; 12 – сымды тензөлшегіш; 13 – АНЧ-7м күшейткіш; 14 – Н 700 типті шлейфті осциллограф; 15 – микроамперметр; 16 – бұранда; 17 – трансформатор; 18 – түзеткіш; 19 – кернеуді тұрақтандырғыш; 20 – өшіргіштер; 21 – электрқозғалтқыш; 22 – төмендеткіш; 23 – тегіс төменгі үлгі; 24 – тұрық; 25 – жүктеме

1 сурет – Микротрибометрдің сұлбасы

Мұндай әдіспен күшейтілген тензоөлшегіш сигналдары М95 микроамперметр көрсеткіштерінен түсірілді немесе осциллографқа жазылды. Екі осциллографтың қолданылуы тек қана зерттеудің басынан аяғына дейін үйкелістің сандық көрсеткіштерінің өзгерісін жазуға ғана емес, сонымен қатар жоғары жылдамдықта жеке ең қызық сәттерді тіркеу үшін қажет.

Әр бір зерттеу алдында тензоөлшегіш- күшейткіш – микроамперметр жүйесі немесе осциллограф мұқият түзетуден және таралаудан өтті. Таралау жіптің көмегімен жүргізілді, арнайы блоктан және жүктемелердің үстінен өткен. Әр бір тензоөлшегіші бар серіппелі өлшегіш үшін және бақылау- өлшегішті құралдың таңдалған күш түсіру диапазоны үшін жеке таралау графигі салынды.

Қозғалмалы үстелдің жылу жылдамдығының төменгі үлгімен өзгеруі салыстырмалы өзгеруі электр қозғалтқышының клеммасындағы бағытты реттеу арқылы жүргізілді [6].

Үйкеліс жолы сағаттық үлгідегі индикатормен 4 тіркелді. Трибометрдің электрлік бөлігі келесіден тұрады: трансформатор 17, түзеткіш 18, кернеуді тұрақтандырғыш 19, өшіргіштер 20. Тораптар, агрегаттар, жалпы 1 плитада жинақталған.

Соққыларды, жұмыс торабында дірілді болдырмау үшін, электрқозғалтқыш пен төмендеткіш плитада аралық резинка амортизаторлар арқылы орналасады, ал қозғалыс берілісі винттік үйкеліс торабының жұбына арнайы иілгіш муфта, төрт резинка амортизатордан тұрады, арқылы жүргізілді.

Трибометр конструкцисы жеңіл,компактілі, зертхана жағдайында сыртқы үйкеліс күшін зерттеуге ыңғайлы. Жұмыс кезінде өте жоғары эксплуатациялық көрсеткіштер көрсетті.

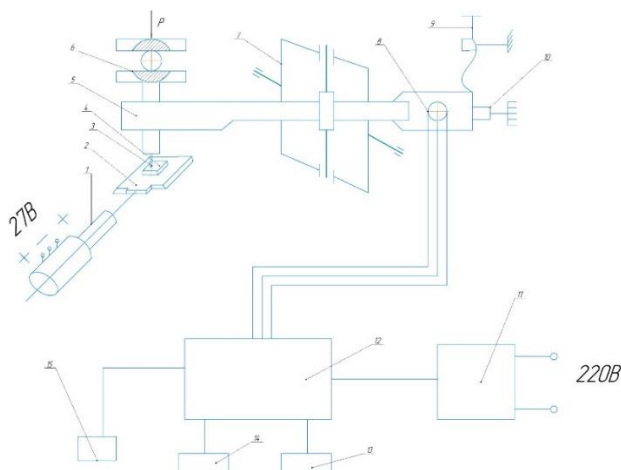
Жоғары жүктемелі түйісу нүктесіндегі үйкеліс күшінің құрамдас бөліктерін жеке-жеке өлшеп зерттеу үшін № 2 трибометр қолданылды, жалпы көрінісі және басты сұлбасы 2 және 3 суреттерде көрсетілген.

Сырғыма (ползун) 2, тарту күші 5000 Н дейінгі электрмеханизм 1, басқару пульті мен трибометрдің өлшегіш бөлігі бір плитаға орнатылған, ол өз ретінде гидравликалық пресстің штогында қатаң бекітілген. Тегіс төменгі үлгі 4 құрылғының көмегімен қозғалыссыз ползунға бекітіледі, жоғарғы үлгі-индентор 3 өлшегіш балка 5 тұтқасының алдыңғы жағында орнатылады. Түйісуге нормаль жүктеме жүктердің көмегімен беріліп отырды.

Үйкеліс жұбының салыстырмалы жылдамдығының өзгерісі  $3 \cdot 10^{-4}$  нен  $6 \cdot 10^{-1}$  м/с диапазоны аралығында, электрқозғалтқыштардың клеммаларындағы кернеуді реттеу арқасында жүргізілді.



2 сурет – Микротрибометрдің жалпы көрінісі



- 1 – электрмеханизм; 2 – сырғыма; 3 – жоғарғы үлгі-индентор; 4 – тегіс төменгі үлгі; 5 – өлшегіш балка;  
6 – жүктеме; 7 – аралық тұрық; 8 – сымды тензөлшегіш, 9 – бұранда, 10 – тұтқа; 11 – микроамперметр;  
12 – АНЧ-7м күшейткіш; 13 – индикатор; 14 – өшіргіш; 15 – Н 700 типті шлейфті осциллограф

3 сурет – Микротрибометрдің сұлбасы

Егер үйкеліс күшін өлшеу экспериментпен қарастырыламаса, трибометрдің өлшегіш бөлігі бөлшектенді, ал жоғарғы үлгі арнайы ұстағыштың көмегімен траверске бекітілді. Бұл жерде нормаль жүктеме гидравликалық пресспен жасалды, ол  $4 \cdot 10^4$  Н-ға дейін жүктеме бере алады. Жүктемеге бақылау бұл жағдайда үлгілі манометрмен жүргізіледі. Манометрдің көрсеткіштері мен гидравликалық пресс штогының аудан өлшеміне байланысты таралау

графигі құрылды. Үйкеліс күші дәл осындай сұлбамен өлшенді, бірінші трибометрде сипатталған. Бүкіл жүйені электротогымен қамтамасыз ету арнайы қоректендіру блогы арқылы жүргізілді. Конструкциялық орындалуына байланысты №2 трибометр жеңіл және эксплуатацияда сенімді.

### Зерттеу нәтижелері

Материал ретінде зерттеуге кең таралған конструкциялық болат 45 таңдалып алынды. Бұл болаттың таңдалуы келесідей көрсеткіштермен негізделген:

- жоғары икемділік қасиеттерінің болуы, бұл оны тіпті суық калпында пластикалық деформациялауға мүмкіндік береді;
- термиялық өңдеуге жақсы икемділігі (шынықтыруға, беріктендіруге) оның химиялық құрамында көміртегінің жоғары болуына байланысты;
- белгілі беріктендіру технологияларын қолдана отырып кең диапазонда беріктік қасиетін бір химиялық құрылымда өзгерту мүмкіндігі.

Болат 45 беріктік қасиеттерін өзгерту механикалық (деформациялық) және фазалық (термиялық) беріктендіру арқылы өзгертілді. Механикалық беріктендіру (наклеп) металлды прокаттық станда (прокатка әдісі) суық пластикалық деформациялау және үлгін бір өстік 100-тонналық статикалық машинасында сығу нәтижесінде іске асырылды (сығу әдісі). Деформациялық беріктендірудің алдында металлдың бірқалыпты жағдайын алу үшін, үлгілер шойын жоңқалар жинақталған контейнерде 5 сағат бойы 890<sup>0</sup>С күйдіріледі ары қарайда пешпен бірге салқындатылады [7].

Металлдың механикалық наклеп дәрежесі 10 арқылы берілді. Барлығы жеті кезең 0 – дан 60%-ға дейін. Яғни, деформациялық беріктендірудің әр бір түріне жеті сериялы үлгі жасалды. Алдын-ала фазалық беріктендіру кәдімгі шынықтыру арқылы жүргізілді және ары қарайға төмендету арқылы режимге байланысты, бірінші кестеде көрсетілген.

Беріктенбеген жағдайда металлдың беріктік құрылымын анықтау үшін, олардың деформациялық және фазалық беріктендіру кезінде ең оңай және танымал әдіс, металлдың қаттылығын тексеру қолданылды. Қаттылықты тексерудің оңтайлығына байланысты оны тәжірибеде металлдар мен қорытпалардың салыстырмалы қаттылығын анықтау үшін кең қолданады. Үлгілердің жұмыс бетінің қаттылығын тексеру Роквелл әдісімен жүргізілді (В және С шкаласы). Қаттылықты анықтағанда он өлшемнің орташа мәні алынды, ол 1 кестеде көрсетілген.

1 кесте – Болат 45 жасалған үлгілердің термиялық өңдеу режимдері

Болат маркасы	Шынықтыру температурасы, °С	Суыту ортасы	Серия нөмірі	Босату температурасы, °С	Босату кезіндегі ұстап тұру уақыты	Босату кезіндегі суыту орталығы
45	820	су	1	-	-	-
			2	200	120 мин	Май
			3	400	17 мин	Ауа
			4	600	17 мин	Ауа
			5	700	17 мин	Ауа

Үлгілердің бірінші және екінші сериясы, пластикалық деформациялаумен беріктенген прокатка және бір өсті статикалық сығу, әр түрлі биіктікке ие болды деформация дәрежесіне және тұрақты 16 мм-ге тең еніне байланысты.

Үшінші фазалық беріктендірілген үлгі сериясы келесідей өлшемдерге ие болды: Ø14 мм, h=12 мм.

Күйдіру алдында және алдын-ала беріктендіру алдында барлық үлгілердің жұмыс беттері жазық ажарлау станогында өңделді, кесу тереңдігі аз жағдайда және суыту кең болған ретте. Алдын-ала беріктендіруден кейін жұмыс беттері жоғары тазалық классына дейін өңделді 0,04. Механикалық өңдеу үдерісіндегі жинақталған металлды жұқа қабаты (Бейбли қабаты) электролиттік жылтыратумен тазаланды [8]. Болат 45 материалынан жасалған үлгілердің термиялық өңдеу режимдеріне байланысты пластикалық деформациялану дәрежесі 2 кестеде көрсетілген.

Контрдене ретінде сфералық инденторлар қолданылды болат ШХ-15 жасалған, HRC 62 дейін термиялық өңделген, металлокерамикалық материал ВК-8, корунд.

2 кесте – Болат 45 материалынан жасалған үлгілердің термиялық өңдеу режимдеріне байланысты пластикалық деформациялану дәрежесі

Серия нөмірі	Фазалық беріктендірудегі термоөңдеу режимдері	Роквелл бойынша қаттылық, HRC шкаласы	Механикалық беріктендіру			
			прокаткамен		сығумен	
			Деформация дәрежесі, $\epsilon$ , %	Роквелл бойынша қаттылық, НРВ шкаласы	Деформация дәрежесі $\epsilon$ , %	Роквелл бойынша қаттылық, НРВ шкаласы
1	Шынықтыру (отпусксыз) Шынықтыру және (отпуск) T=200 °C	60	0	46	0	46
2	T=400 °C	55,7	10	64,5	10	63,4
3	T=600 °C	47,5	20	68,1	20	66,9
4	T=700 °C	34	30	69,1	30	68,2
5		25	40	69,3	40	69,6
			50	70	50	69,9
			60	70,8	60	71,1

Инденторлар мен ползундар жұмыс бөлігінің радиусының айналымдары кішкентай болды, 50, 400, 750 мкм тең, өз ретінде үйкеліс үдерісі кезінде нақты түйісу ауданының өзгеруін болдырмады. Үш сфералық инденторды таңдаудың мақсаты, масштабтық фактордың сыртқы үйкеліс күшінің түзілуіне әсерін зерттеу [9].

Инденторлардың жұмыс беті 0,04 дейінгі тазалық классына дейін өңделді.

Қаттылықтың әр түрлі химиялық құрамнан тұратын материалдардың үйкеліс күшіне (коэффициент) әсер ету заңдылығын тексеру үшін келесілер таңдалды: баббит Б-83, жез ЛС59-1, қола БрАЖМц10-8-1,5, шойын СЧ12-28, болаттар Х18Н10Т және 80ХГСНА, 3 кестеде көрсетілген қаттылыққа ие болды.

3-кесте – Әртүрлі химиялық құрамнан тұратын материалдардан жасалған үлгілердің қаттылығы

Материал атауы	Материал маркасы	Бринелль бойынша қаттылық (НВ)
баббит	Б-83	30
жез	ЛС59-1	80
болат	Х18Н10Т	130
қола	БрАЖМц10-8-1,5	180
Шойын	СЧ12-28	230
болат	80ХГСНА	280

Сырғанау сызықтары мен үйкеліс кезіндегі текстілеудің пайда болуын зерттеу таза мыс МСО және Аlсо жаслаған үлгілерде жүргізілді. Берілген үлгілер тікбұрышты пішінде жасалды: квадрат 14×14 мм, биіктігі h=12 мм, жұмыс беттері болат 45-тен жасалған үлгілер өңделген әдіспен өңделді.

Алдын-ала металлофторопластты лентаны деформациялық беріктендіру, оның үштіректерге арналған төлкелерді дайындау кезінде дөңгелекке айналар алдында 100-тонналық статикалық машинада жазық плиталар астында деформациялану дәрежесіне өткізілді -10, 20, 30, 40, 50, 60 %. Деформациялану дәрежесіне байланысты металлофторопласттілі лента 8 кестеде көрсетілген сандық қаттылықтарға ие [10].

Жұмыс беттерін беріктендіретін өңдеу тартумен ( $\psi_B$ ) арнайы жасалатын төлкелердің жұмыс қуысы арқылы тартылып, тұрыққа қатаң отырғызылған.



4 кесте – Пластикалық деформациялану дәрежесіне байланысты металлофторопласттардан жасалған үлгілердің қаттылығының өзгерісі

Серия нөмірі	Деформациялану дәрежесі $\epsilon$ , %	Бринелль бойынша қаттылық (НВ)
1	0	34,8
2	10	39,9
3	20	44,8
4	30	49,7
5	40	55,1
6	50	60,0
7	60	59,7

### Ғылыми нәтижелерді талқылау

Үйкеліс үдерісінің сандық көрсеткіштері, үйкелісетін материалдардың беткі қабаттарының сапалық күйінің өзгеруімен тығыз байланысты болғандықтан (қаттылық, жұқа құрылымның өзгеруі және т.б.), таңдалған әдістің негізіне кешенді зерттеу әдісі таңдалған. Бұндай әдістің негізгі ретінде үйкелістің сандық және сапалық көрсеткіштерін кешенді зерттеу болып табылады. Алдын-ала деформациялық беріктендірудің әсерін зерттеу, металлофторопластты сығу арқылы және тегістеп-беріктендіргіш жұмыс беттерін төлкелердің және ұштірек вкладыштарын үйкеліс үдерістері және беткі қабаттардың тозуы, ілгермелі-айналмалы сырғуды нақты жағдайда ұштіректің қозғаласын имитациялайды. Циклдағы жүктеме 10-нан 130 МПа-ға дейін өзгерді, сырғу жылдамдығы -0,01 м/с. Зерттеу алдында тегіс үлгілер мен инденторлардың жұмыс беттері балшықтан бензинмен тазаланды, ректификат – спиртпен жуылды және кептірілді.

### Қорытынды

Үйкелісетін жұптарға түйісу масштабының сыртқы үйкеліс күшінің түзілуіне әсеріне байланысты жасалған зерттеулер келесідей қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Түйісу масштабы сыртқы үйкеліс (коэффициентіне) күшіне айтарлықтай ықпал етеді. Индентордың жұмыс бөлігінің радиусын R 50-ден R 750 мкм-ге аралығындағы қалыпты жүктемемен (P=0.2-1.2Н) ұлғайтуда үйкелісетін материалдардың қаттылығына байланысты сыртқы үйкеліс коэффициентінің төмендеуі, тұрақты болуы және өсуі мүмкін. Үйкелістің деформациялық үдерістерінің даму көрсеткіштеріне сандық және сапалық масштабы әсер етеді. Олар өз ретінде механикалық деформация құраушыларын, соммарлы күш және үйкеліс коэффициентінің өлшемін түзуші беттік байланыстардың түзілуіне әсер етеді. Машина бөлшектерінің үйкеліс тораптарын жасауда масштабты фактордың сыртқы үйкеліс күшінің (коэффициентінің) және тозудың мөлшеріне әсерін ескерген жөн. Бұл қозғалыста болатын тораптардың материалдарын және өлшемдерін оңтайландырылған антифрикционды және тозуға тұрақтылық қасиеттерімен негізделген таңдау жасауға мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Экономический курс Справедливого Казахстана», областная общественно-политическая газета «Ақмолинская правда», 01.09.2023.
2. Niemann G. The measurement of surface temperatures on gear teeth / G. Niemann, G. Lechner // Paper ASME. – 1964. – Lubr. 17. – P. 1-11.
3. Toenshoff H.K. Chip Formation at High Cutting Speeds / H.K. Toenshoff, H. Wincler, M. Patzke // ASME PED. – 1984. – V. 12. – P. 95-104.
4. Tsutsumi C. High-quality machining of ceramics / C. Tsutsumi, K. Okana, T. Suto // J. Mater. Process. Technol. – 1993. – V. 37. – № 1/4. – P. 639-654.
5. Uehara K. Cutting ceramics with a technique of hot machining / K. Uehara, H. Takeshita // Annals of CIRP. – 1986. – V. 35. № 1. – P. 55-58.
6. Ultraprecision metal cutting – the past, the present and the future / N. Ikawa et al // Annals of CIRP. – 1991. – V. 40. № 2. – P. 587-594.
7. Дроздов Ю.Н. Противозадирная стойкость трущихся тел / Ю.Н. Дроздов, В.Г. Арчegov, В.И. Смирнов. – М.: Наука, 1981. – 139 с.

8. The effect of the nature of friction surface and Lubricant on the absorption and temperature stability of lubricant layers / R.M. Matveevsky & oth. – 1977. – Wear. 45. – P. 143-150.
9. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний. Справочник / Р.И. Матвеевский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 217 с.
10. Гаркунов Д.Н. Триботехника, износ и безизносность. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.

### References

1. Poslanie Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokaeva narodu Kazakhstana «Ehkonomicheskii kurs Spravedlivogo Kazakhstana», oblastnaya obshchestvenno-politicheskaya gazeta «Akmolinskaya pravda», 01.09.2023. (In Russian).
2. Niemann G. The measurement of surface temperatures on gear teeth / G. Niemann, G. Lechner // Paper ASME. – 1964. – Lubr. 17. – P. 1-11. (In English).
3. Toenshoff H.K. Chip Formation at High Cutting Speeds / H.K. Toenshoff, H. Wincler, M. Patzke // ASME PED. – 1984. – V. 12. – P. 95-104. (In English).
4. Tsutsumi C. High-quality machining of ceramics / C. Tsutsumi, K. Okana, T. Suto // J. Mater. Process. Technol. – 1993. – V. 37. – № 1/4. – P. 639-654. (In English).
5. Uehara K. Cutting ceramics with a technique of hot machining / K. Uehara, H. Takeshita // Annals of CIRP. – 1986. – V. 35. № 1. – P. 55-58. (In English).
6. Ultraprecision metal cutting – the past, the present and the future / N. Ikawa et al // Annals of CIRP. – 1991. – V. 40. № 2. – P. 587-594. (In English).
7. Drozdov YU.N. Protivozadirnaya stoikost' trushchikhsya tel / YU.N. Drozdov, V.G. Archegov, V.I. Smirnov. – М.: Nauka, 1981. – 139 s. (In Russian).
8. The effect of the nature of friction surface and Lubricant on the absorption and temperature stability of lubricant layers / R.M. Matveevsky & oth. – 1977. – Wear. 45. – P. 143-150. (In English).
9. Smazochnye materialy. Antifriktsionnye i protivoznosnye svoistva. Metody ispytaniy. Spravochnik / R.I. Matveevskii i dr. – М.: Mashinostroenie, 1989. – 217 s. (In Russian).
10. Garkunov D.N. Tribotekhnika, iznos i beziznosnost'. – М.: Izdatel'stvo MSKHA, 2001. – 616 s. (In Russian).

**Ж.А. Сергибаева\*, Г.Б. Абдилова, Б.Б. Кабулов, А.Е. Еренгалиев, М.Е. Шаменов**

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
\*e-mail: jadra1980@mail.ru

### ВЛИЯНИЕ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

*В статье написано о том, что при трении возникают сложные процессы, протекающие в субмикроскопическом и в макро, микро объеме трущихся поверхностей. Образование физического рельефа, поверхностных связей зависит от макро, микро и субмикроскопических показателей сопряженных тел. Эти показатели определяют фактическую площадь контакта, интенсивность и свойство упруго-пластического сдвига, адсорбцию, диффузию, тепловыделение и другие условия в месте контакта. При проектировании деталей узла трения в различных отраслях машиностроения, приборостроения, а также важно знать влияние трения материалов разной прочности на фактическую площадь контакта на закономерность формирования силы внешнего трения. На основании исследований ученых о роли масштабного воздействия в процессе внешнего трения доказано, что износостойкость зависит от масштабного фактора. При изготовлении узлов трения деталей машин учитывалось влияние масштабного фактора на силу (коэффициент) внешнего трения и величину износа. Это обусловлено оптимизированными антифрикционными и износостойкими свойствами материалов и размеров узлов, находящихся в движении. Поэтому было установлено, что лучше проводить расчеты конструктивного характера, что позволяет увеличить прочность и снизить вес конструкции.*

**Ключевые слова:** деформация, трение, адгезия, индентор, микрорезание, масштабный фактор.

**Zh. Sergibaeva\*, G. Abdilova, B. Kabulov, A. Yerengaliev, M. Shamenov**

Shakarim Semey University,  
071412, The Republic of Kazakhstan  
\*e-mail: jadra1980@mail.ru

## THE EFFECT OF FRICTION FORCES ON THE SURFACE TREATMENT OF PARTS

*The article says that when friction occurs, complex processes occur in the submicroscopic and in the macro, micro volume of the rubbing surfaces. The formation of physical relief and surface connections depends on the macro, micro and submicroscopic parameters of the conjugated bodies. These indicators determine the actual contact area, the intensity and property of elastic-plastic shear, adsorption, diffusion, heat generation and other conditions at the contact site. When designing friction unit parts in various branches of mechanical engineering, instrumentation, and it is also important to know the effect of friction of materials of different strengths on the actual contact area on the pattern of formation of the external friction force. Based on research by scientists on the role of large-scale impact in the process of external friction, it is proved that wear resistance depends on the scale factor. In the manufacture of friction units of machine parts, the influence of the scale factor on the force was taken into account (coefficient) of external friction and the amount of wear. This is due to the optimized anti-friction and wear-resistant properties of materials and sizes of nodes in motion. Therefore, it was found that it is better to carry out calculations of a constructive nature, which allows you to increase the strength and reduce the weight of the structure.*

**Key words:** deformation, friction, adhesion, indenter, micro-cutting, scale factor.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Жадра Ахметовна Сергибаева\*** – «Технологиялық жабдықтар мен машинажасау» кафедрасының PhD докторанты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, e-mail: jadra1980@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1248-1304>.

**Галия Бекеновна Абдилова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар мен машинажасау» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Болат Бейсенғалиевич Кабулов** – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар мен машинажасау» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, e-mail: [bolatkabylov@mail.ru](mailto:bolatkabylov@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7619-2622>.

**Амангельды Еренғалиевич Еренғалиев** – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар мен машинажасау» кафедрасының профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

**Мерей Ерболович Шаменов** – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар мен машинажасау» кафедрасының оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, e-mail: [shmerai@mail.ru](mailto:shmerai@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7054-7302>.

### Сведения об авторах

**Жадра Ахметовна Сергибаева\*** – PhD докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: [jadra1980@mail.ru](mailto:jadra1980@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1248-1304>.

**Галия Бекеновна Абдилова** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Болат Бейсенғалиевич Кабулов** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: [bolatkabylov@mail.ru](mailto:bolatkabylov@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7619-2622>.

**Амангельды Еренғалиевич Еренғалиев** – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

**Мерей Ерболович Шаменов** – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: [shmerai@mail.ru](mailto:shmerai@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7054-7302>.

### Information about of authors

**Zhadra Sergibaeva\*** – PhD student of the The Department of technological equipment and machine engineering, Shakarim Semey University, e-mail: ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1248-1304>.

**Galiya Abdilova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the The Department of technological equipment and machine engineering, Shakarim Semey University, e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Bolat Kabulov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the The Department of technological equipment and machine engineering, Shakarim Semey University, e-mail: [bolatkabylov@mail.ru](mailto:bolatkabylov@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7619-2622>.

**Amangeldy Yerengaliev** – Candidate of Technical Sciences, Professor of the The Department of technological equipment and machine engineering, Shakarim Semey University, e-mail: [erengaliev48@mail.ru](mailto:erengaliev48@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

**Merey Shamenov** – Candidate of Technical Sciences, teacher of the The Department of technological equipment and machine engineering, Shakarim Semey University, e-mail: [shmerai@mail.ru](mailto:shmerai@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7054-7302>.

*Редакцияға енуі 15.02.2024  
Өңдеуден кейін түсуі 27.03.2024  
Жариялауға қабылданды 08.04.2024*

G.K. Iskakova, A.S. Abdreeva\*, E.B. Askarbekov, N.B. Batyrbaeva,  
A.I. Samadun

Almaty technological university,  
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, str. Tole bi, 100  
\*e-mail: abdreeva.95@mail.ru

### SUBSTANTIATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION PARAMETERS FOR OBTAINING AN EXTRACT FROM ROSE HIPS (*ROSA CANINA L.*)

**Abstract:** The article presents the results of a research of the influence of extraction agents with different ethanol concentrations (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% and 96%) on the yield of extractives and found that the highest yield of extractives have been obtained when using 40% ethyl alcohol as an extraction agent. Therefore, this concentration has been chosen as the main extractive agent for further experiments. Ethanol, in particular, is a widely used extractive agent for plant materials due to its ability to extract a wide range of compounds, including phenolic compounds, flavonoids and organic acids. In recent years, ultrasonic-assisted extraction has gained attention due to its ability to improve extraction efficiency, reduce extraction time, and minimize the use of solvents, making it an environmentally friendly and cost-effective method. The optimal parameters of ultrasonic-assisted extraction have been established for obtaining an alcoholic extract from hips of *Rosa canina* (*RosaCanina L.*) – the highest yield of extractives was obtained with extraction duration of 30 minutes, extraction temperature was 50°C, ultrasound power was 35 kHz. It is possible to obtain the maximum amount of biologically active compounds from raw materials by optimizing these parameters, which leads to a higher quality of the final product.

**Key words:** rose hips, extractive agent, yield of extractives, ultrasonic-assisted extraction, extraction parameters.

#### Introduction

The fruits of various wild fruit and berry plants are used as non-traditional sources of plant raw materials in food production. The shift in priorities towards the use of wild plants is associated with their ability to synthesize and accumulate simultaneously hundreds, or even thousands of biologically active substances (BAS), which determines the effect of multiple effects on the human body and the formation of multi-vector technological properties. Also, being fundamentally closer in nature to the human body than synthetic drugs, they are characterized by higher safety indicators [1-3]. Plants serve not only as a direct source of food, but also as technological raw materials for processing traditional food products – obtaining original taste and maximum benefits [4].

Our country is rich in many medicinal plants, which are found both in wild and cultivated forms. About 18 000 species of wild plants grow within the territory of Kazakhstan. Wild plants are the richest sources of vitamins (vitamin C, provitamin A-carotene, etc.), carbohydrates, fats (fatty oil), proteins, organic acids (citric, malic, etc.), aromatic substances, antioxidants, which the human body urgently needs. Plants and their parts, containing more than 15% of a person's daily physiological need for biologically active substances, can be used as functional ingredients in the production of functional food products, which today form the basis of therapeutic and preventive nutrition for the population. Medicinal plants in the human diet, along with their nutritional function, are also important, performing a comprehensive defense of the body, represented by an antioxidant system of vitamins, polyphenols and microelements, and also play a primary role in cleansing the body of various toxic substances, due to the presence of dietary fiber and they contain pectin [5-8].

Thus, the use of wild plant materials makes it possible to improve the taste range of products and enrich them with biologically active substances. Among wild fruit plants, rose hips are of

particular interest; they have not only high taste properties, but also a wide range of physiological effects, due to the rich set of biologically active substances they contain, including those with antioxidant properties.

Rosehip (*Rosa canina* L.) is a fruit of the *Rosaceae* family, which contains a large amount of phenolic compounds, carotenoids, tocopherols, flavonoids and vitamin C. In addition, rosehip contains other vitamins (A, B1, B2, K), minerals (calcium, phosphorus, potassium), carbohydrates (pectin), tannins and essential oils. Due to its rich bioactive compounds, rose hips are commonly used to prevent and treat several diseases such as colds, gastrointestinal disorders, infections and diabetes. Rose hips are widely used in cosmetics and pharmacology, and in the food industry, rose hips are used as marmalade, nectar, jam, syrups and dyes [9]. The effectiveness of consuming rose hips to reduce the risk of cardiovascular diseases, as well as to prevent vitamin C deficiency, is shown in the work [10]. The antioxidant activity of *Rosa canina* L fruits extract has been documented in several studies. The antioxidant and anti-inflammatory effects of *Rosa canina* L. are consistent with its clinical effects - especially given new data on the pharmacological picture of osteoarthritis [11-13].

In terms of vitamin C content (in seeds – 4,8%, in pulp – up to 8,5%), it has no equal among fruit and berry crops. In addition, rose hips contain P-active compounds (up to 9%), vitamin E (6-10 mg / 100 g), B1, B2, B9, carotene, tannins, pectin, nitrogen compounds, flavonoids, sugar, organic acids, fats and many microelements of the hematopoietic complex: Fe, Mg, Ca, K, Cu, Zn. The seeds contain up to 12% fatty acids, rubixanthin, gazaniaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin and zeaxanthin and phenolic compounds such as quercetin, ellagic acid, quercetin glycosides, hydroxycinnamic acids, proanthocyanidin, aglycones [14]. The work [15] established a high content of biologically active compounds, primarily ascorbic acid (from 6.0 to 8.2 mg g<sup>-1</sup> of live weight (FW)), flavonols (427.9  $\pm$  0.4  $\mu$ g g<sup>-1</sup> FW) and antioxidant activity.

Rose hips (*Rosacanina* L.) are becoming increasingly popular due to their bioactive components. Rosehip is distinguished by its antioxidant, immunomodulatory and anticancer properties. However, the abundance of these bioactive substances determines its tart taste, as a result of which it is consumed mainly in processed form [16].

The introduction of minor components of fruits and berries in the form of extracts into biologically active dietary supplements accelerates their absorption in the gastrointestinal tract while maintaining functional properties [17]. Recently, there has been increasing interest in bioactive compounds with properties beneficial to human health, which includes polyphenolic compounds and flavonoids. Therefore, the search for the most effective and environmentally friendly methods for extraction from natural products remains an urgent task. The efficiency of extraction of biologically active components from plant materials depends on various factors, such as extraction technology, nature of the solvent, time, temperature, module, i.e., the ratio of plant material and solvent, and many others [18]. However, optimal extraction technology is critical to ensure efficient extraction of target components from plant material. Over the past decades, several new extraction technologies have been actively introduced, including ultrasonic and microwave, which are energy-saving and environmentally friendly, producing high-quality extracts. Theoretically, the optimal extraction technology should be simple, safe, reproducible, inexpensive and suitable for industrial application [19].

Ultrasonic-assisted extraction is used to extract plant components. The ultrasonic-assisted extraction technique is especially attractive due to its simplicity and low cost of equipment. It is based on the use of energy obtained from ultrasound at frequencies above the human audible range (sound waves with a frequency above 20 kHz), facilitating the extraction of active substances from plant materials with a solvent. It has been established that the use of ultrasonic activation makes it possible to increase the yield of extractives in the resulting extract [20-22].

The purpose of this work is to determine the yield of extractives and substantiate the optimal parameters of ultrasonic-assisted extraction for obtaining an alcoholic extract from the fruits of the *Rosa Canina* (*RosaCanina* L.).

#### **Research methods and conditions**

**Determination of the yield of extractives.** About 3 g (exactly weighed) of crushed raw material passing through a sieve with a hole size of 1 mm is placed in a flask with a ground section, 50 ml of

extractive agent is added, the flask is capped, weighed to the nearest 0.01 g and left for 1 hour. Then the flask is attached to reflux, it is heated, maintaining a low boil for 2 hours. The flask is cooled, stoppered, weighed and the loss in mass is replenished with extractive agent. The contents of the flask are thoroughly shaken and filtered through a paper filter into a dry flask. 25 ml of the filtrate is evaporated to dryness in a water bath in a dried and accurately weighed porcelain dish. The dry residue is dried in an oven at a temperature of  $(102.5 \pm 2.5) ^\circ\text{C}$  to constant weight, then cooled in a desiccator for 30 minutes and it is weighed [23].

The content of extractives (X) as a percentage in terms of absolutely dry raw materials is calculated using Formula (1):

$$X = \frac{m \times 200 \times 100}{m_1 \times (100 - W)} \quad (1)$$

where: m – is mass of dry residue, g;  
 $m_1$  – is mass of raw materials, g;  
 W – weight loss when drying raw materials, %.

Weight loss on drying (W) was calculated using the following formula (1):

$$W = \frac{(m - m_1) \times 100}{m} \quad (2)$$

where: m – mass before drying, g;  
 $m_1$  – mass after drying, g.

### Research results

Different concentrations of ethanol (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% and 96%) have been used as extractive agents to study their effect on the yield of extractives. The percentage yield of extractives was calculated based on the weight of the extracted material, and the results were rounded to the nearest 0.01. The data obtained during the determination are presented in Table 1, which provides an overview of the yields of extractives obtained using different concentrations of extractive agents.

Table 1 – Yield of rosehip extractives

Extractive agent	Yield of extractives, %
Ethanol 30%	34,85
Ethanol 40%	65,41
Ethanol 50%	40,94
Ethanol 60%	36,83
Ethanol 70%	54,11
Ethanol 80%	29,35
Ethanol 96%	23,02

Based on the data presented in Table 1, we can conclude that the highest yield of extractives has been obtained when using 40% ethyl alcohol as an extractive agent. Therefore, this concentration has been chosen as the main extractive agent for further experiments.

The process of extraction of plant materials is influenced by several factors that must be taken into account when choosing extraction conditions: anatomical structure, nature or degree of grinding of plant materials, concentration differences, temperature and duration of extraction, viscosity and nature of the extractive agent, surfactants and hydrodynamic layer of plant material.

The preparation of an alcoholic extract of *Rosa Canina* hips (*Rosa Canina* L.) has been performed by solvent extraction in an ultrasonic bath. Extraction of samples has been performed under the following conditions (Table 2):

- Ultrasonic wave frequency was 35 kHz
- Extraction time was from 15 min to 75 min with an interval of 15 min
- Temperature was 50°C.

From the data in Table 2 it can be seen that the highest yield of extractives have been obtained with extraction duration of 30 minutes.

Based on the research results obtained, we have established the optimal parameters of ultrasonic-assisted extraction for obtaining an alcoholic extract from the *Rosa Canina* hips (*Rosa Canina* L.). The obtained data are shown in Table 3.

Table 2 – Effect of extraction duration on the yield of extractives

Wild growing raw materials (rose hips), gr	Extractive agent 40%, ml	Extraction duration, min	Yield, %
10	100	15	22,044
10	100	30	36,26
10	100	45	21,64
10	100	60	29,66
10	100	75	32,12

Table 3 – Optimal ultrasonic-assisted extraction parameters for obtaining alcoholic extract of the *Rosa Canina* hips (*Rosa Canina* L.)

Parameters	Optimal extraction value
Extraction time, min	30
Extraction temperature, °C	50
Solvent type	Ethanol 40%
Raw material/extractive agent ratio	1:10
Ultrasonic power, W	150
Ultrasonic frequency, kHz	35
Mains voltage, V	220
Total input frequency, W	280

### Discussion of scientific results

The use of different ethanol concentrations made it possible to study the influence of these parameters on the yield of extractives from rose hips. Ethanol, in particular, is a widely used extractive agent for plant materials due to its ability to extract a wide range of compounds, including phenolic compounds, flavonoids and organic acids. The highest yield of extractives has been obtained when using 40% ethyl alcohol as an extractive agent.

The results obtained in this study provide valuable information on the yield of extractives from rose hips and can be used to optimize the extraction process to isolate bioactive compounds from this plant. By selecting 40% ethyl alcohol as the primary extractive agent based on the results of this study, researchers can optimize the extraction process and focus on identifying and characterizing the bioactive compounds contained in rose hips.

In recent years, ultrasonic-assisted extraction has gained attention due to its ability to improve extraction efficiency, reduce extraction time, and minimize the use of solvents, making it an environmentally friendly and cost-effective method. When studying the influence of ultrasonic-assisted extraction parameters on yield and composition, it was found that higher extraction temperatures above 50 °C destroyed the polyphenols in the extracts; The most effective are low frequencies in the ultrasonic power range below 40 kHz; the yield of polyphenols usually increases with increasing power, but with a threshold beyond which no significant increase is observed; Higher ultrasound power leads to the formation of free hydroxyl radicals, which destroy polyphenols, especially in the presence of high water content [24]. Thus, parameters affecting ultrasonic-assisted extraction include extraction time, extraction temperature, ultrasonic power, and liquid-to-solid extraction ratio. By optimizing these parameters, it is possible to obtain the maximum amount of biologically active compounds from raw materials, which leads to a higher quality of the final product.

### Conclusion

Based on a research of the influence of extractive agents with different ethanol concentrations (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% and 96%) on the yield of extractives, it was found that the highest yield of extractives has been obtained when using 40% ethyl alcohol as an extractive agent. Therefore, this concentration has been chosen as the main extractive agent for further experiments.

The optimal parameters of ultrasonic-assisted extraction have been established for obtaining an alcoholic extract from *Rosa Canina* hips (*Rosa Canina* L.) – the highest yield of extractives has been obtained with extraction duration of 30 minutes, extraction temperature was 50°C, ultrasound power was 35 kHz. By optimizing these parameters, it is possible to obtain the maximum amount of biologically active compounds from raw materials, which leads to a higher quality of the final product.



## References

1. Iorgacheva E.G. The potential of medicinal, aromatic plants in improving the quality of wheat bread / E.G. Iorgacheva, T.E. Lebedenko // East European Journal of Advanced Technologies. – 2014. – № 2. – P.101-108.
2. Phytochemistry of Medicinal Plants / M. Saxena et al // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2013. – Vol. 1(6). – P. 168-182.
3. Yakovlev G.P. Medicinal raw materials of plant and animal origin. Pharmacognosy: textbook / G.P. Yakovlev; St. Petersburg: Special literature, 2006. – 845 p.
4. Wild plants of the Pavlodar region as potential sugar substitutes / B.Zh. Baymurzina et al // Biological sciences of Kazakhstan. – 2021. – № 3. – P. 8-15.
5. Vasfilova E.S. Wild medicinal plants of the Urals / E.S. Vasfilova, V.A. Mukhina; Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2014. – 204 p.
6. Assessment of medicinal plant resources in the forests of the Kazakhstan part of Altai and their ecological state / G.S. Aidarkhanova et al // Bulletin of Karaganda University. – 2019. – № 3. – P. 72-79.
7. Kotukhov Yu.A. List of medicinal plants of Kazakhstan Altai / Yu.A. Kotukhov, A.N. Danilova, S.A. Kubentayev; Ridder: Meda-Alliance, 2015. – 155 p.
8. Functional ingredients of wild plant fruits / A.S. Ovcharenko et al // Food industry. – 2017. – № 12. – P. 53-57.
9. Saricaoglu F.T. Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosacania L.*) nectar / F.T. Saricaoglu // Food Chem.– 2019. – № 1(282). – P. 67-75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.002>.
10. Korkmaz M. Analysis of genetic relationships between wild roses (*Rosa L. Spp.*) growing in Turkey / M. Korkmaz, N.Y. Dogan // Food Chem. – 2018. – № 4(60). – P. 305-310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10301-01q-037t-9>.
11. Antioxidant properties of Rosehip fruit types (*Rosa Canina* sp.) selected from Bolu –Turkey / N. Ersoy et al // International Journal of Science and Knowledge. – 2015. – T. 4, № 1. – P. 51-59.
12. Gruenwald J. *Rosa Canina* – Rose hip pharmacological ingredients and molecular mechanics counteracting osteoarthritis–A systematic review / J. Gruenwald, R. Uebelhack, M.I. Moré // Phytomedicine. – 2019. – T. 60. – P. 152-158.
13. Characterization of bioactive compounds in rosehip species from East Anatolia region of Turkey / Z.T. Murathan et al. // Italian Journal of Food Science. – 2016. – № 28(2). – P. 314-325.
14. Study of biodiversity of wild plants of the genus *Rosa L.* in Kazakhstan and their molecular genetic identification / A.P. Muranets et al // Bulletin of ENU named after L.N. Gumilyov. Biological Sciences Series. – 2022. – № 2(139). – P. 44-60.
15. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in the Fruit of Rosehip (*Rosacania L.* and *Rosa rubiginosa L.*) / P. Fabiola // Molecules. – 2023. – № 28(8) P. 3544. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28083544>.
16. Juice Powders from Rosehip (*Rosacania L.*): Physical, Chemical, and Antiglication Properties // A. Hendrysiak et al // Molecules. – 2023. – № 28(4). P. 1674. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28041674>.
17. Yegorova E.Yu. Wild-growing raw materials for dietary supplements / E.Yu. Yegorova, M.N. Shkolnikova // Food industry. – 2008. – P. 50-52.
18. Yeremeyeva N.B. Influence of extraction technology on the antioxidant activity of chokeberry fruit extracts / N.B. Yeremeyeva, N.V. Makarova // Bulletin of MSTU. – 2017. – T. 20, No. 3. – P. 600-608. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608>.
19. Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringaoleifera* leaf extract by the appropriate extraction method / B. Vongsak et al // Industrial Crops and Products. – 2013. – V. 44. – P. 566-571.
20. Duana H. Far infrared-assisted extraction followed by capillary electrophoresis for the determination of bioactive constituents in the leaves of *Lyciumbarbarum Linn* / H. Duana, Y. Chena, G. Chena // Journal of Chromatography A. – 2010. – V. 1217. – P. 4511-4516.
21. Ultrasound assisted extraction (UAE): A novel extraction technique for extraction of nutraceuticals from plants / M. Soni et al // Journal of Pharmacy Research. – 2010. – V. 3, № 3. – P. 636-638.

22. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes / C. Carrera et al // Analytica Chimica Acta. – 2012. – V. 732. – P. 100-104.
23. Chuchalin V.S. Technology for obtaining extraction herbal preparations: a textbook / V.S. Chuchalin – Tomsk: Publishing House of Siberian State Medical University, 2019. – 198 p.
24. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review / C.S. Dzah et al // Food Bioscience. – 2020. – № 35. – P. 100547. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100547>.

**Г.К. Искакова, А.С. Абдреева\*, Э.Б. Аскарбеков, Н.Б. Батырбаева, А.И.Самадун**  
Алматы технологиялық университеті,  
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би 100,  
\*e-mail: [abdreeva.95@mail.ru](mailto:abdreeva.95@mail.ru)

### **ИТМҰРЫН ЖЕМІСІНЕН ЭКСТРАКТ АЛУ ҮШІН УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ЭКСТРАКЦИЯ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ (ROSA CANINA L.)**

*Мақалада экстрактивті заттардың шығуына этанолдың әртүрлі концентрациясы бар (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% және 96%) экстрагенттердің әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген және экстрактивті заттардың ең көп шығымы экстрагент ретінде 40% этил спирті пайдалану кезінде алынғаны анықталған. Сондықтан бұл шоғырлану одан арғы эксперименттер үшін негізгі экстрагент ретінде таңдалды. Этанол, атап айтқанда, фенол қосылыстарын, флавоноидтар мен органикалық қышқылдарды қоса алғанда, қосылыстардың кең спектрін алу қабілетінің арқасында өсімдік шикізаты үшін кеңінен пайдаланылатын экстрагент болып табылады. Соңғы жылдары ультрадыбыстық экстракция экстракция тиімділігін арттыру, экстракция уақытын қысқарту және еріткіштерді пайдалануды барынша азайту қабілетінің арқасында назарды өзіне аударды, бұл әдіс экологиялық таза және экономикалық тиімді етеді. Ит иінің жемістерінен спирттік сығындыны алу үшін ультрадыбыстық экстракцияның оңтайлы параметрлері белгіленді (RosaCaninaL.) - экстрактивті заттардың ең көп шығымы экстракция ұзақтығы 30 минут, экстракция температурасы 50 0C, ультрадыбыстың қуаты 35 кГц болғанда алынды. Осы параметрлерді оңтайландыра отырып, шикізаттан биологиялық белсенді қосылыстардың ең көп санын алуға болады, бұл түпкілікті өнімнің неғұрлым жоғары сапасына әкеледі.*

**Түйін сөздер:** итмұрын, экстрагент, экстрактивті заттардың шығуы, ультрадыбыстық экстракция, экстракция параметрлері.

**Г.К. Искакова, А.С. Абдреева\*, Э.Б. Аскарбеков<sup>1</sup>, Н.Б. Батырбаева<sup>1</sup>, А.И. Самадун<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Алматинский технологический университет,  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Төле би, 100  
\*e-mail: [abdreeva.95@mail.ru](mailto:abdreeva.95@mail.ru)

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТА ИЗ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА (ROSA CANINA L.)**

*В статье приведены результаты исследования влияния экстрагентов с различной концентрацией этанола (30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% и 96%) на выход экстрактивных веществ и установлено, что наибольший выход экстрактивных веществ был получен при использовании 40%-ного этилового спирта в качестве экстрагента. Поэтому эта концентрация была выбрана в качестве основного экстрагента для дальнейших экспериментов. Этанол, в частности, является широко используемым экстрагентом для растительного сырья благодаря его способности извлекать широкий спектр соединений, включая фенольные соединения, флавоноиды и органические кислоты. В последние годы ультразвуковая экстракция привлекло к себе внимание благодаря своей способности повышать эффективность экстракции, сокращать время экстракции и сводить к минимуму использование растворителей, что делает этот метод экологически чистым и экономически эффективным. Установлены оптимальные параметры ультразвуковой экстракции для получения спиртового экстракта из плодов шиповника собачьего (RosaCaninaL.) – наибольший выход экстрактивных веществ был получен при продолжительности экстракции 30 минут, температура экстракции 50<sup>0</sup>C, мощность ультразвука 35 кГц. Оптимизируя эти параметры, можно получить максимальное количество биологически активных соединений из сырья, что приводит к более высокому качеству конечного продукта.*

**Ключевые слова:** шиповник, экстрагент, выход экстрактивных веществ, ультразвуковая экстракция, параметры экстракции.

#### Information about the authors

**Galiya Kuandykovna Iskakova** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of bread products and processing industries»; Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova-61@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>.

**Asemkul Saduakasovna Abdreeva\*** – Doctoral student of the Department of «Food Biotechnology»; Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdreeva.95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3567-8028>.

**Erik Birlikovich Askarbekov** – Ass. Professor, Department of «Technology of bakery products and processing industries»; Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-0820>.

**Nurgul Bazilovna Bатырбаева** – Ass. Professor, Department of «Technology of bakery products and processing industries»; Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: alua\_01.02.03@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8258-5353>.

**Abdysemat Isamidinuly Samadun** – doctoral student of the department «Chemistry, Chemical Technology and Ecology»; Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdu.93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

#### Авторлар туралы ақпарат

**Галия Куандыкқызы Искакова** – техника ғылымдарының докторы, «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: iskakova-61@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>.

**Асемкул Садуақасқызы Абдреева\*** – «Тағамдық биотехнологиясының» докторанты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail:abdreeva.95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3567-8028>.

**Эрик Бирликович Аскарбеков** – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>.

**Нургуль Базиловна Батырбаева** – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail:alua\_01.02.03@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8258-5353>.

**Абдысемат Исамидинұлы Самадун** – «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасын докторанты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: abdu.93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

#### Сведения об авторах

**Галия Куандыковна Искакова**– доктор технических наук, профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств»; Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: iskakova-61@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>.

**Асемкуль Садуакасовна Абдреева\*** – докторант кафедры «Пищевая биотехнология»; Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: abdreeva.95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3567-8028>.

**Эрик Бирликович Аскарбеков** – асс. профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств»; Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-0820>.

**Нургуль Базиловна Батырбаева** – асс. профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств»; Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail:alua\_01.02.03@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8258-5353>.

**Абдысемат Исамидинұлы Самадун** – докторант кафедры «Химия, химическая технология и экология»; Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: abdu.93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

Received 11.04.2024

Revised 05.06.2024

Accepted 06.06.2024



**T.B. Abdigaliyeva\*, G.A. Telitskaya**  
 Almaty Technological University,  
 050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole bi st., 100  
 \*e-mail: tolkyn\_07.08@mail.ru

## **STUDY OF THE IMMOBILIZATION OF THE PROBIOTIC STRAIN *LACTOBACILLUS PARACASEI-010-K* ON A NATURAL SORBENT FOR USE IN POULTRY FARMING**

**Annotation:** *This article presents the results of a study on the immobilization of cells of the probiotic strain *Lactobacillus paracasei-010-K* on natural adsorbents.*

*Methods of cell immobilization can increase their stability, reduce the lethal effect of microorganisms on cells during their passage through the gastrointestinal tract, improve visceral parameters and clinical outcomes compared with free cells. The local mineral vermiculite was used to immobilize lactic acid bacteria. The sample is characterized by a high content of macro and microelements compared to samples of vermiculites from other deposits in the country and it has high adsorption activity (20-50% by volume). To immobilize the cells of the strains, the mineral adsorbent vermiculite was added in amounts of 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 (%) to daily cultures of lactic acid bacteria with titers of  $1 \cdot 10^7$  CFU/ml in the MRS (de Man, Rogosa u Sharpe agar) nutrient medium. The adsorption-immobilization process was carried out at 37°C with stirring for 24 hours. Liquid preparations containing lactobacillus cells and adsorbent were stored at a temperature of 4-6°C for 30, 60 and 90 days to assess the stabilizing effect of the adsorbent and determine its optimal amount. In the course of studies on the immobilization of microorganisms on enterosorbents, it was found that vermiculite does not adversely affect the bioactivity and viability of lactic acid bacteria cells. Moreover, when vermiculite was introduced into the MRS medium at a concentration of 0.5%, the titer of lactic acid bacteria increased to  $1 \cdot 10^9$  CFU/ml. The resulting preparations containing cultures of lactic acid bacteria are further used to introduce them into the composition of feed additives for poultry farming.*

**Key words:** *probiotic, prebiotic, immobilization, sorbent, biological product, strain, lactic acid bacteria.*

**Introduction.** The development of new bio-products to produce high-quality poultry products is an important task for the agro-industrial complex and opens up new opportunities to ensure national food security. To solve the problem of healthy nutrition, it is necessary to improve the quality characteristics of poultry feed by creating and using biological products based on natural agrominerals and lactic acid bacteria. They not only have nutritional and immunological properties, but also optimize mineral nutrition, correct metabolism, increase poultry productivity and improve product quality [1].

The development of highly effective biological preparations based on natural aluminosilicates makes it possible to replace expensive similar products with cheaper ones made from local raw materials [2]. The mechanism of action of biologics based on probiotic cultures stimulates the microflora of the gastrointestinal tract, helps to establish an optimal microbial balance, increases the body's resistance, improves growth and development.

Products based on probiotics should contain a much number of microorganism cells (not least  $10^6$  -  $10^7$  CFU/g) [3]. The use of such a large number of microbial cells is accompanied by the adverse effects of adverse factors of various origins. The main factors of adverse effects include processing conditions (e.g. temperature, oxidation), storage conditions (packaging materials and environment: humidity, oxygen, temperature) and deterioration in the gastrointestinal tract (low pH in the stomach, bile salts in the small intestine). However, the survival rate of probiotics during storage and passage through the gastrointestinal tract is usually low [4].

One possible solution to this problem is the immobilization of bacterial cells [5]. Cell immobilization techniques can increase cell stability, reduce the lethal effects of microorganisms on cells, and improve histological parameters and clinical outcomes compared to free cells. Immobilization methods improve the survival of probiotics in food and during gastrointestinal transit.

Mineral enterosorbents serves as a reliable protection for bacteria, attracting aggressive substances to its surface. Probiotics obtained by immobilization enter the large intestine, preserving

most of the microorganisms. The presence of enterosorbent in the composition of drugs affects not only the bioavailability, but also the therapeutic activity of drugs, i.e. probiotic bacteria attaching to the inner wall of the intestine accelerates the growth and reproduction of beneficial microorganisms, the population of bacteria belonging to conditionally pathogenic and pathogenic microflora rapidly decreases [6].

The presence and magnitude of the charge play a dominant role in the interaction of the cell and the adsorbent, and the nature of the adsorption force in such an interaction is mainly determined by the chemical composition of the bacterial cell wall and the functional groups of the adsorbent itself. It is known that gram-positive bacteria, including lactic acid bacteria, have negatively charged surfaces [7].

N.V. Potekhina's research has shown that the negative charge on the cell surface is caused by anionic polymers in the cell wall. This primarily applies to the macropolymer peptidoglycan. The negative charge of peptidoglycan is formed due to the carboxyl groups of  $\gamma$ -glutamic and meso-diaminopimelic acids and the terminal residue of the D-Ala peptide subunit. In addition to teichoic and lipoteichoic acid, anionic compounds such as teichuronic acid and sugar-1-phosphate polymers make a significant contribution to the formation of the polyelectrolyte gel structure of the cell wall [8].

Adsorption immobilization of microbial cultures is currently used in various fields of research, and in some cases has already found technical application [9]. The popularity of this approach is due to the fact that the formulations obtained by this method are significantly superior in their beneficial properties to formulations using conventional excipients.

Highly effective adsorbents can be used directly to change the bacterial flora in local areas of the body. An example of this approach is the use of natural mineral adsorbents containing colloidal silicon dioxide, which has been proposed for the treatment of foodborne toxic infections and non-infectious inflammatory diseases.

When developing immobilized forms of biological preparations, the most important point is the choice of a sorbent carrier. According to the classification of sorbents by chemical structure, there are: carbon adsorbents; silica gels; zeolites; aluminogels; aluminosilicates and other inorganic sorbents [10]. Mineral sorbents can be isolated as zeolites and aluminosilicate – vermiculite.

Vermiculite is one of the most promising natural aluminosilicates suitable for use in agriculture [11]. It is a natural mineral that is a product of hydrothermal decomposition of biotite, phlogopite, some types of chlorite and other magnesium-rich silicates [12]. Vermiculite is a silicate of magnesium, aluminum and iron, consisting of  $\text{SiO}_2$  (%) (about 35-45),  $\text{MgO}$  (about 20-40),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (about 7-15) and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (about 10) [13]. Vermiculite improves the digestive process by increasing the area of biochemical reactions in the intestine and sorbing low molecular weight metabolites [14]. In the production of vermiculite, high heat treatment increases volume, increases permeability and reduces weight. The resulting product is very light and sterile [15]. The material has a relatively high moisture retention capacity (200-325% by weight and 20-50% by volume), thermal conductivity (0.065-0.062 W) and a golden, accordion-like appearance. An important property determining the industrial value of vermiculite is its ability to increase in volume (swell) by 6-8 times when heated above 300°C [16].

The purpose of this work is to study the effect of different concentrations of vermiculite on cell immobilization of the probiotic strain *Lactobacillus paracasei*-010-K.

**Research methods.** The object of this study is the probiotic strain *Lactobacillus paracasei*-010-K. The high biological potential of the *Lactobacillus paracasei*-010-K strain isolated by us from koumiss suggests that it has probiotic properties and can be used as a probiotic formulation for poultry farming. Based on this study, a strain passport was compiled and deposited in the Collection of the Republic of Microbiology of the Republic of Kazakhstan [17].

A mineral adsorbent, vermiculite, was used to immobilize lactic acid bacteria. Vermiculite is a local product of the Kulantau deposit (Turkestan region, Kazakhstan), with a grain size of 0.5-3.0 mm and was obtained from the processing company AVENUE LLP (Kulantau deposit).

The immobilization of strain cells was carried out according to the authors' method described in [18]: the mineral adsorbent vermiculite was added in amounts of (%) 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 during daily cultivation of probiotic strains of lactic acid bacteria in the MRS (de Man, Rogosa и Sharpe agar) nutrient medium in titers of  $1 \cdot 10^7$  CFU/ml. The process of adsorption immobilization was carried out by mixing, which consists in the fact that the contact of the adsorbent with a suspension

of cells in a culture medium occurs with continuous stirring for day at the temperature of 37°C. Mixing was carried out on orbital shakers (OS-20, BioSan, USA) at a speed of 128 rpm. Next, the supernatant was separated from the sorbent with a pipette and seeded by the Koch method on a dense medium of MRS to confirm a decrease in the number of free cells in the culture fluid. Further, synbiotic liquid preparations containing lactobacillus cells and sorbent were stored in a household refrigerator (DS 325000, Beko, Turkey) at a temperature of 4-6°C for 30, 60 and 90 days to assess the stabilizing effect of the sorbent and determine its optimal amount. The growth dynamics of immobilized crops was determined by sequentially diluting the immobilizer in a liquid medium of MRS and seeding dilutions on a dense medium of MRS according to GOST ISO 11133-2016.

The experiment was performed in one repeat. Statistical processing of the results was carried out using standard methods.

**Results and discussions.** First of all, the electron microscopic structure of vermiculite was investigated. Figure 1 shows electronic photographs and their surface, visualized at different magnifications.

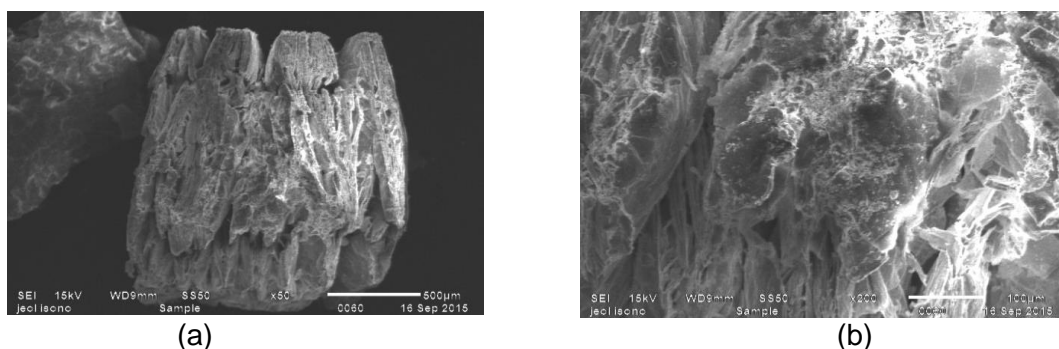


Figure 1 – Electronic image of vermiculite crystals. Increased volume  $\times 50$ (a) and  $\times 200$ (b)

Electron microscopic studies have revealed that vermiculite has a complex microsurface relief formed by microcrystals and aggregates, represented in most cases by a finely dispersed mass. Microcrystal aggregates are concentrated in microgeodes and microcracks located relatively evenly in the rock.

According to the study of the physico-chemical properties of vermiculite, the color was brown, greenish-brown, yellow-brown, grayish with a greenish and silvery tint, odorless, the appearance was scaly, loose masses, worm-like. The volume weight is 123.25g/l, humidity is 0.90%, pH is 7.11. The peculiarity of this type of vermiculite is that it does not contain asbestos impurities, which is typical for some vermiculite deposits, and does not contain carcinogenic and harmful to human and animal health impurities. It also has a high adsorption activity.

A sufficiently high content of macro- and microelements in the composition of vermiculite distinguishes it from other natural minerals. The sample is characterized by a high content of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - about 17 and 20%, respectively (Figure 2). In addition, organic compounds are present on the surface of vermiculite. Therefore, during the immobilization of lactic acid bacteria on vermiculite, the carbon groups of the hydrophobic part of the adsorbent come into contact with the cell surface.

Therefore, studies have shown that vermiculite retains the original compositional proportions of mineral elements, and the prospects for using this product as a feed additive for poultry farming and as a basis for the preparation of biological products.

To assess the stabilizing effect of the adsorbent, immobilizates containing a consortium of lactic acid bacteria and vermiculite were stored at a temperature of 6°C for 90 days. The results showed that the greatest stabilizing effect was achieved at a concentration of 0,5% vermiculite.

As can be seen from the data shown in Table 1, vermiculite is able to increase the concentration of bacterial cells by 55%. The presented data provide confidence that positively charged vermiculite adsorbents are an effective means for the immobilization and concentration of lactic acid bacteria and their metabolites.

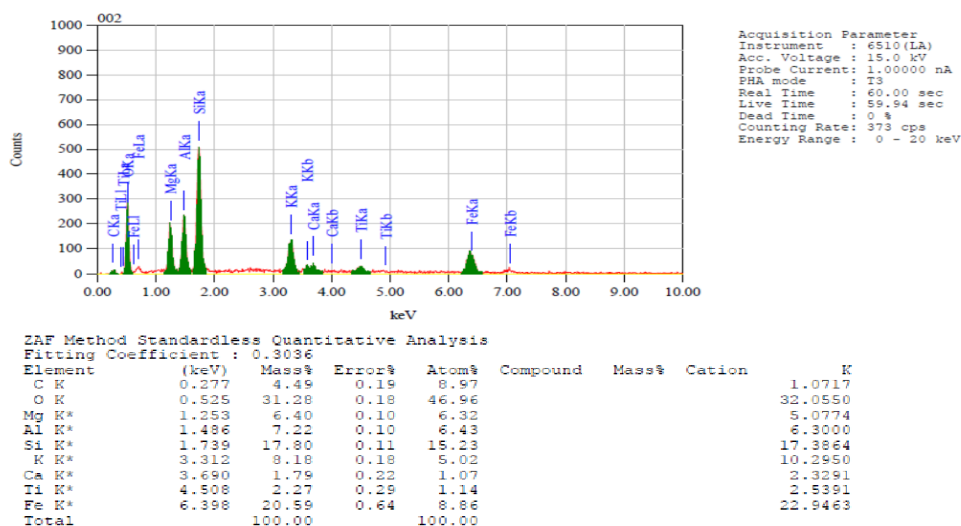


Figure 2 – Mineral composition of experimental vermiculite

Table 1 – Titer of cells of strain *Lactobacillus paracasei-010K* when growing on an MRS medium with the addition of different concentration of vermiculite

Shelf life, CFU/ml titer	Concentrations of vermiculite on the nutrient medium				
	the control group	experienced groups			
		0,25%	0,5%	0,75%	1,0%
at the beginning	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>
30 days	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>
60 days	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>
90 days	10 <sup>4</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>

However, since these data are essentially the results of static experiments, they do not provide information about the degree of reversibility of sorption, which is important for the cultivation process, or about the impact of long-term survival of the culture. To determine these properties, experiments were conducted on control crops obtained from the combined preparation after different storage periods – after 30, 60 and 90 days. The table shows that the data on assessing the viability of a culture at a concentration of 0.5% sorbent, for short shelf life (30 days), differ significantly by more than 2 orders of magnitude for longer periods (90 and 60 days, respectively).

Thus, based on the model of the *Lactobacillus paracasei-010K* strain, the sorbent vermiculite is an effective carrier for obtaining composite immobilized forms of biological products, has a high sorption capacity both with respect to whole cells.

### Conclusion

In the course of our research, we selected concentrations of a stabilizing sorbent – vermiculite, which, when added to the liquid medium of lactic acid bacteria culture in an amount of 0.5%, contributes to both intensification and prolongation of the vital activity of lactobacillus culture. The resulting synbiotic drug can be used as a feed additive to normalize the intestinal microflora of farm birds and fish. The presence of vermiculite and an active strain of lactic acid bacteria in the composition of the drug affects not only the bioavailability, but also the therapeutic activity of the drug.

### References

1. Isolation, characterization, and assessment of lactic acid bacteria toward their selection as poultry probiotics / R.C. Reuben et al // BMC microbiology. – 2019. – Vol. 19. – P.1-20. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1626-0>.
2. Ignatovich L.S. Netradicionnye kormovye dobavki zhivotnogo proiskhozhdeniya / L.S. Ignatovich // Pticevodstvo. – 2018. – № 6. – P.33-38.
3. Sarao L.K. Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review / L.K. Sarao, M. Arora // Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Vol. 57. – №. 2. – P. 344-371. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055>.

4. Zhantlesova S.D. Immobilizaciya kletok probioticheskikh mikroorganizmov dlya razrabotki funkcional'nyh produktov pitaniya / S.D. Zhantlesova // MNIZH. – 2021. – № 3-2(105). – P. 23-28. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.105.3.028>.
5. Suvorova A.V. Issledovanie sootnosheniya nositelya i bakterial'noj massy pri izgotovlenii veterinarnogo probiotika / A.V. Suvorova // Aktualnye problemy infekcionnoj patologii i biotekhnologii. – 2017. – S. 138-140.
6. Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value / A. Terpou et al // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11., № 7. – P. 1591. DOI:10.3390/nu1107159.
7. Adsorbciya probioticheskikh bakterij na cellyuloznyh sorbentah / I.V. Larionov, O.V. Rybalchenko, O.G. Orlova et al // *Sorbcionnye i hromatograficheskie processy*. – 2011. – T. 11(6). – S. 792-798. [https://pure.spbu.ru/ws/files/51162579/elibrary\\_17092573\\_35144631.pdf](https://pure.spbu.ru/ws/files/51162579/elibrary_17092573_35144631.pdf).
8. Potekhina. N.V. Tejhoevye kisloty aktinomicetov i drugih grampolozhitelnyh bakterij / N.V. Potekhina. // *Potekhina Uspekhi biologicheskoy himii*. – 2006. – № 46. – S. 225-278. - <https://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2017/10/potekhina.pdf>.
9. Application of cell immobilization technology in microbial cocultivation systems for biochemicals production / J. Lu et al. // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2020. – Vol. 59, № 39. – P.17026-17034. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01867>.
10. Stolbova M.G. Razrabotki lekarstvennyh form probiotikov na osnove immobilizovannyh kletok: dis / M.G. Stolbova. – Perm: Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata farmaceuticheskikh nauk, 2018. [https://www.pfa.ru/wsupload/images/stories/Diss/info\\_o\\_zash\\_2018](https://www.pfa.ru/wsupload/images/stories/Diss/info_o_zash_2018).
11. Effects of vermiculite-based additives on macroscopic lung lesions, carcass traits and meat quality in finishing pigs / R. Consigliere et al // *Large Animal Review*. – 2018. – V. 24, I.5. – P. 195-199. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20193044893>.
12. Gejsun A.A. Efektivnist zastosovannya kormovoї dobavki vermikulituri pri viroshchuvanni fazana mislivskogo / A.A. Gejsun, L.M. Stepchenko // *Tekhnologiya virobniictva i pererobki produkcii tvarinnictva: zb. nauk. prac Bilocerkivskogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. BilaCerkva*. – 2018. – № 1(141). – S.38-45.
13. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al. Safety and efficacy of vermiculite as a feed additive for pigs, poultry, bovines, sheep, goats, rabbits and horses // *EFSA Journal*. – 2020. – V. 18, № 6. – P. e06160. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2020.6160>.
14. Ferdous M.J. Adsorption of Antibiotics by Vermiculite / M.J. Ferdous // *Master of Science. The City College of the City University of New York*. – 2016. – P. 42. [https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1605&context=cc\\_etds\\_theses](https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1605&context=cc_etds_theses).
15. Wang W. Vermiculite nanomaterials: Structure, properties, and potential applications / W. Wang, A. Wang // *Nanomaterials from Clay Minerals*. – Elsevier. – 2019. – P. 415-484. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814533-3.00009-0>.
16. Paramonova E.Y. Analiz vodouderzhivayushchej sposobnosti prirodnyh i sinteticheskikh sorbentov / E.Y. Paramonova, L.F. Sherbakova, P.V. Naumov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. – 2011. – T.13, № 1-5. – S. 1277-1279. <file:///C:/Users/user/Downloads/analiz-vodouderzhivayuschey-sposobnosti-prirodnyh-i-sinteticheskikh-sorbentov.pdf>.
17. Shtamm molochnokislyh bakterij *Lastobasillus parasasei* 010K, ispol'zuemyj dlya polucheniya probioticheskogo preparata, prednaznachennogo dlya profilaktiki i lecheniya zheludochno-kishechnyh zabolovanij sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh, ptic i ryb / F.F. Sagymbek, T.B. Abdigalieva, K. Mahmaden et al // *Patent RK*. – 2022. – № 7343.
18. Ispolzovanie makroporistyh sorbentov dlya usileniya i stabilizacii probioticheskikh svojstv kormovyh sinbiotikov / A. Chizhaeva, G.N. Dudikova M.T. Velyamov i dr. // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij*. – 2019. – № 3. – S.71-75.

**Т.Б. Абдигалиева\*, Г.А. Телицкая**

Алматы технологиялық университеті,  
050012, Қазақстан республикасы, Алматы қ., Төле би көш., 100



## ҚҰС ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ҚОЛДАНУ ҮШІН *LACTOBACILLUS PARACASEI-010K* ПРОБИОТИКАЛЫҚ ШТАММЫНЫҢ ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕ ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАНУЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада табиғи сорбентте *Lastobasillus paracasei-010K* пробиотикалық штаммының жасушаларының иммобилизациясын зерттеу нәтижелері келтірілген.

Жасушаларды иммобилизациялау технологиясы бос жасушалармен салыстырғанда тұрақтылықты арттыруға және асқазан-ішек жолдары арқылы өту кезінде микроорганизмдер жасушаларының қырылуын азайтуға, органолептикалық көрсеткіштер мен клиникалық нәтижені жақсартуға мүмкіндік береді. Лактобактерияларды иммобилизациялау үшін жергілікті минерал – вермикулит қолданылды. Бұл үлгі басқа да кенорындарының вермикулит үлгілерімен салыстырғанда құрамындағы макро және микроэлементтердің көп мөлшерімен сипатталады, сонымен қатар ол жоғары адсорбциялық белсенділікке ие (көлемі бойынша 20-50%). Штаммның жасушаларын иммобилизациялау үшін MRS қоректік ортасындағы сүт қышқылы бактерияларының  $1 \cdot 10^7$  КТБ/мл титрі бар тәуліктік культурасына 0,25%, 0,5%, 0,75% және 1,0% мөлшерінде минерал-сорбент вермикулит қосылды. Адсорбциялық иммобилизация процесін 37°C температурада 24 сағат бойы араластыру әдісі арқылы жүргіздік. Одан кейін сорбенттің тұрақтандырушы әсерін бағалау және оның оңтайлы мөлшерін анықтау үшін лактобактериялар жасушалары мен сорбент бар сұйық препараттар 4-6°C температурада 30, 60 және 90 тәулікке сақтауға қойылды. Энтеросорбентте микроорганизмдердің иммобилизациялануын зерттеу барысында вермикулиттің сүт қышқылы бактерияларының жасушаларының физиологиялық белсенділігі мен өміршеңдігіне кері әсер етпейтінін, сонымен қатар вермикулиттің 0,5% концентрациясын MRS ортасына енгізілуі сүт қышқылы бактерияларының титрінің  $1 \cdot 10^9$  КТБ/мл дейін жоғарылауына ықпал ететіні анықталды. Сүт қышқылы бактериялары бар препарат бұдан әрі құс шаруашылығына арналған азықтық қоспалардың құрамына енгізу үшін пайдаланылатын болады.

**Түйін сөздер:** пробиотик, пребиотик, иммобилизация, сорбент, биопрепарат, штамм, сүтқышқылды бактериялар.

**Т.Б. Абдигалиева\*, Г.А. Телицкая**

Алматинский технологический университет,  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, улица Толе би, 100  
\*e-mail: tolkyn\_07.08@mail.ru

## ИЗУЧЕНИЕ ИММОБИЛИЗАЦИИ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ШТАММА *LACTOBACILLUS PARACASEI-010-K* НА ПРИРОДНОМ СОРБЕНТЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

В статье представлены результаты по исследованию иммобилизации клеток пробиотического штамма *Lactobacillus paracasei-010-K* на природном сорбенте. Методы иммобилизации клеток позволяют повысить их стабильность, снизить летальное воздействие микроорганизмов на клетки во время их прохождения через желудочно-кишечный тракт, улучшить висцеральные показатели и клинические исходы по сравнению со свободными клетками. Для иммобилизации лактобацилл использовали минерал – вермикулит, который является продуктом местного производства. Для образца характерно высокое содержание макро и микроэлементов по сравнению с образцами вермикулитов других месторождений страны, так же он обладает высокой адсорбционной активностью (20-50% по объему). Для иммобилизации клеток штаммов минеральный адсорбент вермикулит добавляли в количестве 0,25%, 0,5%, 0,75% и 1,0% к молочнокислым бактериям, ежедневно культивируемым в питательной среде MRS с титрами от  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/мл. Процесс адсорбции-иммобилизации проводили при 37°C с перемешиванием в течение 24 часов. Жидкие препараты, содержащие клетки лактобацилл и адсорбент, хранились при температуре 4-6°C в течение 30, 60 и 90 дней для оценки стабилизирующего эффекта адсорбента и определения его оптимального количества. В ходе исследований по иммобилизации микроорганизмов на энтеросорбентах было установлено, что вермикулит не оказывает негативного влияния на биоактивность и жизнеспособность клеток молочнокислых бактерий. Более того, при внесении вермикулита в среду MRS в концентрации 0,5% титр молочнокислых бактерий увеличился до  $1 \cdot 10^9$  КОЕ/мл. Полученный препарат, содержащий культуру молочнокислых бактерий, далее будет использован для введения в состав кормовых добавок для птицеводства.

**Ключевые слова:** пробиотик, пребиотик, иммобилизация, сорбент, биопрепарат, штамм, молочнокислые бактерии.

### Information about the authors

**Tolkyn Abdigalieva\*** – PhD, Associate Professor of Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [tolkyn\\_07.08@mail.ru](mailto:tolkyn_07.08@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

**Gala Telitskaya** – Master of degree student of Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [Youjumping290@gmail.com](mailto:Youjumping290@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6254-0296>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Толкын Бакытовна Абдигалиева\*** – PhD, Алматы технологиялық университетінің қауымдастырылған профессоры, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: [tolkyn\\_07.08@mail.ru](mailto:tolkyn_07.08@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

**Гала Александровна Телицкая** – Алматы технологиялық университетінің магистранты, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы қ., Қазақстан, e-mail: [Youjumping290@gmail.com](mailto:Youjumping290@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6254-0296>.

### Сведения об авторах

**Толкын Бакытовна Абдигалиева\*** – PhD, асс.профессор Алматинского технологического университета, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан, e-mail: [tolkyn\\_07.08@mail.ru](mailto:tolkyn_07.08@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

**Гала Александровна Телицкая** – магистрант Алматинского технологического университета, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан, e-mail: [Youjumping290@gmail.com](mailto:Youjumping290@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6254-0296>.

Received 01.02.2024

Revised 13.03.2024

Accepted 26.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-14

МРНТИ: 65.59.29



**Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, К.А. Уразбаева, А.А. Утебаева, А.А. Аблаш\***

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,  
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке-хана, 5  
e-mail: [aikosha1999@inbox.ru](mailto:aikosha1999@inbox.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СУБПРОДУКТОВ

**Аннотация:** Удовлетворение растущего мирового спроса на белок приводит к возникновению проблем с точки зрения предложения. Расширение использования животных белков за счет более широкого использования мясных субпродуктов и могло бы стать частью решения, при условии одобрения потребителями. В этом исследовании изучалась перспективность использования субпродуктов из туши говядины такие как почки, сердце, язык, рубец, а также местное растительное сырье порошок тары в получении рубленых полуфабрикатов(котлет). Кроме того, увеличение ассортимента мясных продуктов позволит предприятиям быть более гибкими и адаптивными к изменяющимся рыночным условиям. Новые продукты могут привлечь внимание потребителей и стать ключевым конкурентным преимуществом перерабатывающих предприятий. Расширение линейки продукции также способствует увеличению доходов и улучшению финансового положения предприятия за счет увеличения объемов продаж.

Целью исследования является рациональное использования вторичного мясного сырья для производства новых продуктов лечебно-профилактического питания с повышенной биологической ценностью. В данной статье были исследованы сенсорные и органолептические показатели, физико-химические показатели (белка, жиры, углеводы, влаги, золы,), витаминный состав, а также текстурный профильный анализ новых рубленых полуфабрикатов из субпродуктов с добавлением местного растительного порошка тары.

**Ключевые слова:** субпродукты, рубленые полуфабрикаты, тары, текстурный профиль.

## **Введение**

Мясные рубленые полуфабрикаты являются популярным и востребованным продуктом у потребителей. Их удобство в приготовлении, разнообразие вкусовых вариантов, отличное сочетание белков и других питательных веществ делают их привлекательным выбором для людей, ведущих активный образ жизни и стремящихся к быстрому и вкусному питанию.

Актуальной проблемой в сфере мясных полуфабрикатов является создание функциональных продуктов, обладающих дополнительными питательными свойствами и потенциально благоприятными эффектами для здоровья человека [1].

Создание доступных отечественных сбалансированных функциональных и лечебно-профилактических продуктов питания является важной задачей с точки зрения улучшения здоровья для широких слоев населения и повышения здоровой пищи. Разработка таких продуктов может способствовать улучшению качества жизни людей, снижению заболеваемости.

В качестве растительного сырья интерес представляют отечественные растительные культуры такие как тары (талкан).

Крупа Тары, известная своим богатым составом, представляет собой ценный продукт, содержащий значительное количество клетчатки, лигнина, биофлавоноидов, витаминов группы В, аминокислот около 11-15% белков, около 5% жиров. Содержащийся в крупе тары лецитин является калоризатором, который способствует лучшему усвоению белка. Клетчатка играет важную роль в процессах очищения организма от токсинов и жиров, обеспечивая оптимальную функцию кишечника. Присутствие лигнина, биофлавоноидов, витаминов группы В, аминокислот и других веществ в составе Тары благоприятно влияет на различные системы организма, способствуя укреплению иммунитета, защите кожи, волос и ногтей, а также общему оздоровлению. Употребление этого продукта может способствовать общему улучшению самочувствия и органических функций. Из макро- и микроэлементов пшениный талкан особенно богат кремнием, фтором, железом, марганцем, магнием, медью [10].

Перспективность использования субпродуктов таких как язык, почки, сердце, мясной рубец туши говядины, которые также богаты биологически активными пептидами (Lafarga T, *et al.*, 2014) которые обладают антимикробной, антиоксидантной, антигипертензивной, противораковой, иммуномодулирующей активностью (E.A. Gabrilyants *et al.*, 2021) и имеют высокую питательную ценность (Talita A. Comunian *et al.*, 2021) в производстве рубленых полуфабрикатов.

## **Методы исследования**

Сенсорный анализ проводился по пятибалльной шкале. Дегустацию проводили дегустационная комиссия, в состав которой входили профессорско-преподавательский состав и студенты учебно-исследовательской лаборатории

Органолептические характеристики заключаются в следующих параметрах: внешний вид, цвет, вкус, запах, которые были проанализированы в соответствии с ГОСТ 32951-2014.

Физико-химические показатели определяли стандартными методами.

Определение витамина А определяли согласно ГОСТ EN 12823-2-2014. Аналитическая колонка для обращенно-фазовой хроматографии, C18, с размером частиц неподвижной фазы 5 мкм, диаметром от 4,0 до 4,6 мм, длиной 250 мм.

Определение витамина В1 с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно ГОСТ EN 14122-2013. Метод основан на экстракции тиамин из пробы путем кислотного гидролиза, последующем ферментативном дефосфорилировании тиамин и его количественном определении с помощью ВЭЖХ с применением предварительной, либо послеклоночной конверсии в тиохром.

Определение витамина В2 определяли согласно ГОСТ EN 14152-2013. Метод основан на экстракции рибофлавина из пробы путем кислотного гидролиза, последующем ферментативном дефосфорилировании рибофлавина и его количественном определении с помощью ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием [11].

Определение витамина В3 определяли согласно ГОСТ EN 15652-2015. Ниацин извлекают из пищевых продуктов путем кислотного гидролиза и определяют методом ВЭЖХ

флюориметрическим детектированием в режиме послеклоночной дериватизации под действием ультрафиолетового излучения.

Определение витамина В6 определяли согласно ГОСТ EN 14663-2014. Производные витамина В6 (пиридоксаль, пиридоксамин, пиридоксин) извлекают из пищевой продукции путем кислотного гидролиза, затем подвергают ферментативному воздействию: дефосфорилируют, используя кислую фосфатазу, и дегликозилируют, используя  $\beta$ -глюкозидазу [12].

Инструментальный анализ профиля текстуры. Размер котлеты, использованной для текстурного профиля, составлял 4,0 см x 5,0 см (диаметр x высота). Текстуриный профиль проводили с использованием Анализатора текстуры ТХ-700 (Франция), оснащенный датчиком нагрузки весом 50 кг.

Использовали цилиндрический зонд ТХ-СУ25Н40SS диаметром 25 мм со скоростью предварительного испытания 5 мм/сек; скорость испытания 1 мм/сек и скорость после испытания 8 мм/сек.

Текстуриные параметры, такие как когезивность, клейкость, жевательность, упругость, эластичность, твердость, были рассчитаны с помощью программного обеспечения, поставляемого вместе с прибором.

### Результаты и обсуждения

В статье представлен сенсорный анализ рубленых полуфабрикатов, где был выбран оптимальный вариант соотношений мясного сырья(субпродуктов) с растительным порошком тары.

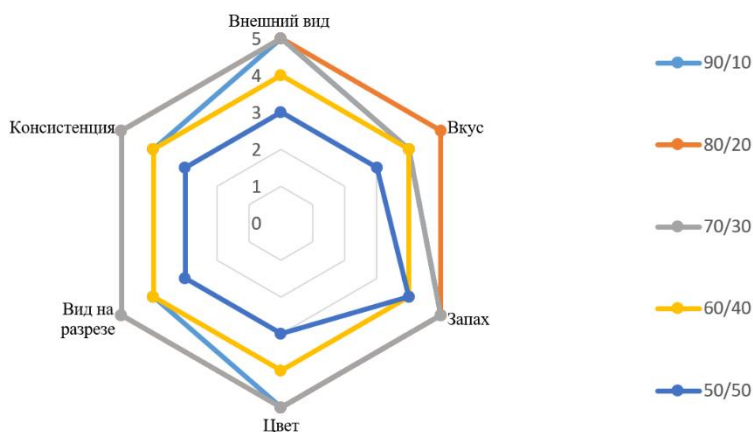


Рисунок 1 – Сенсорная оценка рубленого полуфабриката (котлет) с добавлением порошка тары

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод что котлеты с добавлением порошка тары в количестве 20 % по сенсорным характеристикам не уступают контрольному образцу. Органолептические показатели рубленых полуфабрикатов из субпродуктов представлены в таблице 1.

Из таблицы 2, видно что между образцами присутствуют незначительные расхождения, связанные с использованием растительной добавки тары. Но образцы соответствовали согласно требованиям ГОСТ 32951-2014.

Анализ таблицы 3 показывает, что с точки зрения содержания витаминов в опытном образце было значительное повышение следующих водорастворимых витаминов: пиридоксином (В6) – на 6,7 % больше, никотиновой кислотой (В3) – на 2,015 % больше и рибофлавина (В2) – на 55,3 % больше, тиамин(В1) – на 0,38% больше, а также жиростворимого витамина (А) на 6,8% больше по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 1 – Органолептические показатели рубленых полуфабрикатов из субпродуктов

Наименование показателя	Контроль	Котлеты с тары 20%	Норма по ГОСТ 32951-2014
Внешний вид (форма, состояние поверхности)	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, равномерно перемешана, округлой формы		Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана
Запах	Приятный, свойственный данному виду продукта, без постороннего запаха		Свойственные данному наименованию полуфабриката, с учетом используемых рецептурных компонентов, в том числе пряностей, соусов, маринадов и панировки, предусмотренных рецептурой
Цвет	Свойственный данному полуфабрикату		Свойственный цвету используемого сырья: кускового мяса, субпродуктов птицы и других рецептурных компонентов
Вид на разрезе	Фарш хорошо перемешан, масса однородная	Фарш хорошо перемешан, масса однородная, с включением порошка из тары	Измельченная, однородная масса
Консистенция	Плотная, нежная	Плотная, нежная	Плотная, нежная

Таблица 2 – Физико-химические показатели рубленых полуфабрикатов из субпродуктов

Наименование показателей	Контроль	Опытный образец (20%)
Белки	20,93±1,25	20,25±1,13
Жиры	14,56±0,87	14,4±0,86
Углеводы	6,25±0,31	6,01±0,3
Влага	58,46±2,92	55,36±2,44
Зола	2,9±0,14	2,2±0,11
Энергетическая ценность, ккал/кДж/100г	240/1004	231/960

Таблица 3 – Витаминный состав рубленых полуфабрикатов(котлет) из субпродуктов

Витамины, в 100 г:	Контроль	Опытный образец (20%)
Витамин А, мкг	46,495±4,650	53,293±5,329
Витамин В1, мг	2,987±0,299	3,371±0,337
Витамин В2, мкг	91,758±9,176	147,093*14,709
Витамин В3 (РР), мг	1,716*0,172	3,775±0,0378
Витамин В6, мг	1,529*0,153	2,106±0,211

Значения текстурных характеристик рубленых полуфабрикатов(котлет) из субпродуктов с добавлением порошка тары приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Текстуальные показатели рубленых полуфабрикатов(котлет) из субпродуктов

Параметры	Контроль	Опытный образец (20%)
Сила, N	4,56±0,01	2,57±0,01
Площадь, N/s	138,3±0,01	77,96±0,01
Когезивность	0,27±0,02	0,58±0,03
Клейкость, N	39,05±0,14	38,85±0,12
Жевательность	38,71±0,09	40,06±0,11
Упругость, N	1±0,08	1,04±0,06
Эластичность, N	0,09±0,06	0,12±0,08
Твердость, N	68,77±0,18	43,61±0,19

Твердость связана с прочностью структуры при сжатии и является максимальным усилием во время первого цикла сжатия (Чандра и Шамасундар, 2014). Все приготовленные котлеты, были твердыми по текстуре, но ни в одном из них не наблюдалось возможности разрушения. Твердость у котлет значительно различалась, у контроля была самым высоким 68,77%, по сравнению с опытным образцом – 43,61%.

Когезивность (связующая способность) указывает на прочность внутренних связей, составляющих основу продукта, и степень, до которой продукт может быть деформирован до того, как он разорвется (breaks) (Radocaj et al., 2011). Когезионная способность определяется как отношение площади приложения положительного усилия при втором сжатии к площади первого сжатия. Ее можно измерить как скорость, с которой материал разрушается под механическим воздействием. Предел прочности при растяжении является проявлением когезионной способности. Когезивность указывает на способность продукта держаться вместе (Chandra and Shamasundar, 2014). Связующая способность котлет в настоящем исследовании также значительно варьировалась, и была самой высокой у опытного образца по сравнению с контрольным.

Упругость – это параметр текстуры, который связан с эластичностью образца. Упругость в ТА связана с высотой, которую набирает пища за время, прошедшее между окончанием первого и началом второго укуса. Если упругость высока, это требует большей энергии при жевании во рту (Рахман и Аль-Махруки, 2009). Упругость котлет незначительно варьировалась и как было установлено, была максимальной у опытного образца, за которыми следовал контроль.

Клейкость определяется как произведение твердости и когезионной способности. Более высокая клейкость обусловлена более высоким значением твердости (Rahman and Al-Mahrouti, 2009). Показатели клейкости котлет незначительно различались.

Максимальные значения были зарегистрированы у контрольного образца, за которыми следуют опытный.

Жевательность – это показатель энергии, необходимой для пережевывания пищи, и обычно указывается для твердых продуктов. Жевательность определяется как произведение клейкости и пружинистости, которое равно произведению твердости  $x$  когезионную способность  $x$  пружинистость (Chandra and Shamasundar, 2014). Жевательность котлет была максимальной для котлет опытного образца.

Эластичность – это показатель того, как образец восстанавливается после деформации как с точки зрения скорости, так и силы. Проще говоря, это упругое восстановление образца (Liu и др., 2009). Эластичность различалась незначительно и была максимальной для котлет из опытного образца.

В результате исследований было выявлено, что все текстурные характеристики значительно различались между собой.

Разработанные полуфабрикаты(котлеты) с использованием субпродуктов таких как язык, почки, сердце, мясной рубец, а также местное растительное сырье, содержащие белки, жиры, витамины, вкусовые соединения, и биологически активные соединения, полезные для здоровья оказывают значительное влияние на экономику региона страны и загрязнение окружающей среды (Helkar et al., 2016).

### **Выводы**

Таким образом, использование порошка тары в производстве рубленых полуфабрикатов представляет собой перспективный подход, позволяющий получить продукт, который не только соответствует качеству традиционных мясных продуктов, но и обладает рядом преимуществ. Это обеспечивает возможность экономии основного сырья, снижение себестоимости производства и повышение пищевой ценности готового продукта.

Добавление порошка тары в состав рубленых полуфабрикатов, таких как котлеты, расширяет ассортимент продукции за счет придания им специфического приятного привкуса растительного сырья. Так, образец рубленых полуфабрикатов с соотношением 80/20, включающий тару, полностью соответствует требованиям ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия».

Данный мясорастительный полуфабрикат также может быть рекомендован для питания различных групп населения, включая людей пожилого возраста. Это обусловлено его высокой пищевой ценностью, а также возможностью обогащения его питательными элементами, что делает его полезным и сбалансированным продуктом для потребления. Таким образом, применение субпродуктов в состав рубленых полуфабрикатов и использование порошка тары открывает новые перспективы в производстве пищевых продуктов.

### Список литературы

1. Разработка рецептуры и технологии мясокомбинированных полуфабрикатов / Л.А. Каимбаева и др. // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2019. – № 1. – С. 30-35.
2. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and byproducts: generation, functionality and application as functional ingredients / T. Lafarga, M. Teagase // Meat Sci. – 2014. № 98. P. 227-239.
3. Study of biologically active peptides in chesemaking / E.A. Gabrilyants et al // ICITE Nov. 10-112021. – P. 114.
4. The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process / A. Talita et al // Trends in Food Science & Technology. 2021. – Vol. 108. – P. 269-280.
5. Chandra M.V. Texture Profile Analysis and Functional Properties of Gelatin from the Skin of Three Species of Fresh Water Fish / M.V. Chandra, B.A. Shamasundar // Int. J. Food Properties. – 2014. – № 18(3). – P. 572-584.
6. Radocaj O.F. Optimization of the texture of fat-based spread containing hull-less pumpkin (*Cucurbita pepo* L) seed press-cake. / O.F. Radocaj, E.B. Dimic, V.B. Vujasinovic // Acta Period. Technol. – 2011. – № 42. – P. 1-288.
7. Rahman, M.S. Instrumental texture profile analysis of gelatin gel extracted from grouper skin and commercial (bovine and porcine) gelatin gels / M.S. Rahman, A.I. Al-Mahrouqi // Int. J. Food Sci. Nutri. – 2009. – № 60. – P. 229-242.
8. Liu H.Y. Characteristics of the gelatin extracted from Channel Catfish (*Ictalurus Punctatus*) head bones. / H.Y. Liu, J. Han, S.D. Guo // Food Sci. Technol. – 2009. – № 42. – P. 540-544.
9. Helkar P.B. Food Industry ByProducts used as a Functional Food Ingredients. / P.B. Helkar, A.K. Sahoo, N.J. Patil // Int J Waste Resour. – 2016. – № 6. P. 248. DOI: <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248>.
10. Мораш В.В. Технология хлебобулочного сдобного изделия с экстрактом толокна. / В.В. Мораш, Ю.Г. Розенфельд, Н.Л. Чернопольская // Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания. – Омск, 30 мая 2019 г.
11. ГОСТ EN 14663-2014. Продукция пищевая. Определение витамина В<sub>2</sub> с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2016. – 32 с.
12. ГОСТ EN 14663-2014. Продукция пищевая. Определение витамина В<sub>6</sub> (включая гликозилированные формы) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2016. – 32 с.

### References

1. Razrabotka retseptury i tekhnologii myasokombinirovannykh polufabrikatov / L.A. Kaimbaeva i dr. // Almaty tekhnologiyalyқ universitetiniң khabarshysy. – 2019. – № 1. – С. 30-35. (In Russian).
2. Lafarga T. Bioactive peptides from meat muscle and byproducts: generation, functionality and application as functional ingredients / T. Lafarga, M. Teagase // Meat Sci. – 2014. № 98. R. 227-239. (In English).
3. Study of biologically active peptides in chesemaking / E.A. Gabrilyants et al // ICITE Nov. 10-112021. – P. 114. (In English).
4. The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process / A. Talita et al // Trends in Food Science & Technology. 2021. – Vol. 108. – P. 269-280. (In English).

5. Chandra M.V. Texture Profile Analysis and Functional Properties of Gelatin from the Skin of Three Species of Fresh Water Fish / M.V. Chandra, B.A. Shamasundar // Int. J. Food Properties. – 2014. – № 18(3). – R. 572-584. (In English).
6. Radocaj O.F. Optimization of the texture of fat- based spread containing hull-less pumpkin (Cucurbita pepo L) seed press-cake. / O.F. Radocaj, E.B. Dimic, V.B. Vujasinovic // Acta Period. Technol. – 2011. – № 42. – R. 1-288. (In English).
7. Rahman, M.S. Instrumental texture profile analysis of gelatin gel extracted from grouper skin and commercial (bovine and porcine) gelatin gels / M.S. Rahman, A.I. Al-Mahrouqi // Int. J. Food Sci. Nutri. – 2009. – № 60. – R. 229-242. (In English).
8. Liu H.Y. Characteristics of the gelatin extracted from Channel Catfish (Ictalurus Punctatus) head bones. / H.Y. Liu, J. Han, S.D. Guo // Food Sci. Technol. – 2009. – № 42. – R. 540-544. (In English).
9. Helkar P.B. Food Industry ByProducts used as a Functional Food Ingredients. / P.B. Helkar, A.K. Sahoo, N.J. Patil // Int J Waste Resour. – 2016. – № 6. – R. 248. DOI: <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248>. (In English).
10. Morash V.V. Tekhnologiya khlebobulochnogo sdobnogo izdeliya s ehkstraktom tolokna. / V.V. Morash, YU.G. Rozenfel'd, N.L. Chernopol'skaya // Sostoyanie i perspektivy razvitiya nailuchshikh dostupnykh tekhnologii spetsializirovannykh produktov pitaniya. – Omsk, 30 maya 2019 g. (In Russian).
11. GOST EN 14663-2014. Produktsiya pishchevaya. Opredelenie vitamina V2 s pomoshch'yu vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii. – M.: Standartinform, 2016. – 32 s. (In Russian).
12. GOST EN 14663-2014. Produktsiya pishchevaya. Opredelenie vitamina V6 (vkluyuchaya glikozilirovannye formy) metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii. – M.: Standartinform, 2016. – 32 s. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Авторы выражают благодарность Комитету науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан за финансовую поддержку научно-исследовательского проекта «Комплексная безотходная переработка сельскохозяйственного сырья животного и растительного происхождения» в рамках Программы целевого финансирования № BR18574252.*

**Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, К.А. Уразбаева, А.А. Утебаева, А.А. Аблаш\***

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5  
e-mail: aikosha1999@inbox.ru

### **ЖАҢА ТУРАЛҒАН ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТАРДЫ ЗЕРТТЕУ**

*Ақуызға өсіп келе жатқан әлемдік сұранысты қанағаттандыру ұсыныс тұрғысынан қиындықтарға әкеледі. Тұтынушының қабылдауына байланысты еттің жанама өнімдерін пайдалану арқылы жануар ақуыздарын пайдалануды ұлғайту шешімнің бір бөлігі болуы мүмкін. Бұл зерттеуде ет өнімдерін қолданудың болашағы зерттелді сиыр еті бүйрек, жүрек, тіл, қарын сияқты, сондай-ақ жергілікті өсімдік шикізаты ұнтақ туралған жартылай фабрикаттар (котлеттер) өндірісі. Сонымен қатар, ет өнімдерінің ассортиментінің артуы кәсіпорындарға икемді және өзгермелі нарықтық жағдайларға бейімделуге мүмкіндік береді. Жаңа өнімдер тұтынушылардың назарын аударып, қайта өңдеу кәсіпорындарының негізгі бәсекелестік артықшылығына айналуы мүмкін. Өнім желісін кеңейту сонымен қатар сату көлемін ұлғайту арқылы кірісті арттыруға және кәсіпорынның қаржылық жағдайын жақсартуға ықпал етеді.*

*Зерттеудің мақсаты биологиялық құндылығы жоғары емдік-профилактикалық тамақтанудың жаңа өнімдерін өндіру үшін қайталама ет шикізатын ұтымды пайдалану болып табылады. Бұл мақалада сенсорлық және органолептикалық көрсеткіштер, физика-химиялық көрсеткіштер (ақуыз, май, көмірсулар, ылғал, күл, витаминдік құрамы, сондай-ақ жергілікті өсімдік тары ұнтағы қосылған жаңа туралған жартылай фабрикаттардың текстуралық Профильді талдауы зерттелді.*

**Түйін сөздер:** *Ішкі өнімдер, туралған жартылай фабрикаттар, контейнерлер, текстуралық профиль.*



**R.S. Alibekov, E.A. Gabrilyants, K.U. Urazbaeva, A.A. Utebaeva, A.A. Ablash\***  
M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5  
\*e-mail: aikosha1999@inbox.ru

## RESEARCH OF NEW CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM OFFAL

*Meeting the growing global demand for protein leads to supply-side problems. The expansion of the use of animal proteins through the wider use of meat offal could be part of the solution, subject to consumer approval. In this study, the prospects of using offal from beef carcass such as kidneys, heart, tongue, tripe, as well as local vegetable raw materials container powder in the production of chopped semi-finished products (cutlets) were studied. In addition, increasing the assortment of meat products will allow enterprises to be more flexible and adaptive to changing market conditions. New products can attract the attention of consumers and become a key competitive advantage of processing enterprises. The expansion of the product line also helps to increase revenues and improve the financial situation of the company by increasing sales volumes.*

*The aim of the study is the rational use of secondary meat raw materials for the production of new products of therapeutic and preventive nutrition with increased biological value. In this article, sensory and organoleptic parameters, physico-chemical parameters (protein, fats, carbohydrates, moisture, ash,) vitamin composition, as well as textural profile analysis of new chopped semi-finished products from offal with the addition of local vegetable powder containers were studied.*

**Key words:** by-products, chopped semi-finished products, containers, texture profile.

### Сведения об авторах

**Равшанбек Султанбекович Алибеков** – кандидат химических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Элеонора Арутюновна Габрильянц** – докторант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: gabrilyants@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5568-5674>.

**Клара Абдразаковна Уразбаева** – кандидат технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: klara\_abdrzak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6922-5940>

**Айдана Аскарковна Утебаева** – PhD Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Айгерим Абдрашидовна Аблаш\*** – магистр, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: aikosha\_1999@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Равшанбек Султанбекович Алибеков** – химия ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Элеонора Арутюновна Габрильянц** – докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: gabrilyants@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5568-5674>.

**Клара Абдразаковна Уразбаева** – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: klara\_abdrzak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6922-5940>.

**Айдана Аскарковна Утебаева** – PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Айгерим Абдрашидовна Аблаш\*** – магистр, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: aikosha\_1999@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>.

### Information about the authors

**Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov** – candidate of chemical science, professor, M. Auezov South Kazakhstan university, Textile and Food Engineering higher school. Shymkent, Kazakhstan; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Eleonora Arutyunovna Gabrilyants** – doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: gabrilyants@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5568-5674>.

**Klara Abdrazakova Urazbaeva** – candidate of technical science, professor, M. Auezov South Kazakhstan university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: klara\_abdrazak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6922-5940>.

**Aidana Askarovna Utebayeva** – PhD, M. Auezov South Kazakhstan university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aidana.utebayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Aigerim Abdrashidovna Ablash\*** – master degree, M. Auezov South Kazakhstan university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aikosha\_1999@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-5384>.

Поступила в редакцию 15.04.2024  
Поступила после доработки 08.06.2024  
Принята к публикации 10.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-15

FTAXP: 65.59.17



**А.Т. Абылгазинова<sup>1\*</sup>, А.Ж. Оразов<sup>2</sup>, А.С. Жумагалиева<sup>2</sup>, Ж.Ж. Қойшиева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы  
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., пр.Мәңгілік Ел, 8

<sup>2</sup>Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті  
090009, Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51

<sup>3</sup>Маңғыстау туризм колледжі  
130000, Қазақстан Республикасы, Ақтау қ., мкр. 3Б

\*e-mail: a.abylgazinova@list.ru

### **«ШАМШЫРАҚ» АӨК-ДЕ ЕТТІ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН НАССП ЖОСПАРЫН ӨЗІРЛЕУ**

**Аңдатпа:** Осы зерттеу барысында «ШАМШЫРАҚ» АӨК-де ІҚМ союмен байланысты барлық қауіптер үшін НАССП жоспары әзірленді. Өндірістің әр кезеңінде туындауы мүмкін барлық қауіптердің түрлері қарастырылып, мал сою мысалында тәуекелдерді талдау, сыни бақылау нүктелері және түзету әсерлерінің тізімі келтірілді. Өндіріс процесін зерттеу, оның ішінде өндіріс схемасы мен нормативтік-техникалық құжаттаманы мұқият зерттеу тәуекелдерді талдауға негіз болып табылады және өндірістен тыс өндірілген барлық операциялар алынып тасталды. Зерттеуде НАССП жүйесі ІҚМ сою өндірісінің тірі малды жеткізуден бастап түпкілікті өнімді жөнелтуге дейінгі кезеңдерінде ғана қолданылды. Жеті қауіп-қатер нүктелері анықталып, есепке алынды. Сонымен қатар қоспалар мен етті емес ингредиенттердің рұқсат етілген сыни шектері қарастырылып, тиісті түзету шаралары ұйымдастырылды.

НАССП жүйесі кәсіпорынды азық-түлік нарығында жылжыту және өндірістік процестерді биологиялық (микробиологиялық), химиялық, физикалық және басқа да ластану тәуекелдерінен қорғау үшін қолданылатын тиімді басқару құралы болып табылады. Тексеру процестері үшін НАССП жоспарын жүйелі түрде қайта қарау, анықталған қауіп-қатер нүктелерін және сыни шектерді дұрыс тіркеу қажет. Қауіпсіз, ақаусыз тағам өнімдерін өндіруді қамтамасыз ету үшін, жеткізу тізбегімен кейінгі жұмыс сертификатталған жеткізушілерді тарту арқылы, сондай-ақ, әзірленген НАССП жоспарын тексеру процедуралары үлкен маңызға ие болды.

**Түйін сөздер:** техникалық регламент, қауіпсіздік, НАССП, түзетуші әсерлер, сыни нүктелер, етті алғашқы өңдеу.

**Кіріспе.** НАССП (ағыл. *Hazard Analysis and Critical Control Points* (НАССП) – өнім қауіпсіздігіне елеулі әсер ететін қауіпті факторларды жүйелі сәйкестендіруді, сыни бақылау нүктелері мен алдын-алу шараларын белгілеуді және тексеру жүйесін енгізуді қамтамасыз ететін құжатталған жүйе. Бұл жүйе тағам өнімдерін қауіпсіздігін басқару саласында

қолданылады. Олардың қауіп төндіретін мәселердің алдын алу үшін тағам өнімдерін өндірудің барлық кезеңдерінде сыни бақылау нүктелері әдістерін қолданады. Тағам өнімдерінің қауіпсіздігін жоғарлатумен қатар, НАССР жүйесін қолданудың тағы бір артықшылығы – өндірілетін өнімдерінің қауіпсіздігінің мәселелеріне уақытылы әрекет етуі және ресурстарды тиімді қолдану болып табылады. НАССР жүйесі өндіріс процесінің барлық кезеңдерінде – шикізатты қабылдаудан бастап дайын өнімді шығаруға дейінгі қауіптердің алдын алуға (болжауға) бағытталған [1,2].

*Codex Alimentarius* халықаралық ұйымы НАССР-ты сапасы төмен тағамнан туындаған аурулардың алдын-алудың ең тиімді әдісі ретінде қолдануды ұсынады. НАССР жүйесі төмендегі суретте көрсетілген алдын-ала қадамдары және жеті қағиданы ескере отырып әзірленді [3].

НАССР тұжырымдамасы бастапқыда Ұлттық аэроғарыш агенттігінің (NASA) ғарышкерлерге тағам өнімдерін әзірлеудегі микробиологиялық тәуекелдерді азайту үшін қолданылды. Көп ұзамай НАССР принциптері тағам өнеркәсібінің қарапайым кәсіпорындарында жүзеге асырыла бастады [2]. 1999 жылдан бастап АҚШ-та, ал 2004 жылдан бастап ЕО елдерінде міндетті жүйе болып табылады. 2015 жылғы 15 ақпаннан бастап Кеден Одағының аумағында барлық азық-түлік кәсіпорындары Кеден Одағының «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» техникалық регламентінің (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции») талаптарына сәйкес НАССР қағидаттарына негізделген рәсімдерді әзірлеу, енгізу және қолдауы тиіс [5].

НАССР	АЛДЫН-АЛА ҚАДАМДАР	НАССР тобын құру
		Өнім сипаттамасы
		Өнімнің болжамды пайдаланылуының сипаттамасы
		Технологиялық схеманың құрылысы
	7 ҚАҒИДА	Схеманың орынға сәйкестігін тексеру
		1. Қауіпті факторларды талдау
		2. Сыни бақылау нүктелерін (СБН) анықтау
		3. СБН үшін сыни шектерді белгілеу
		4. Мониторинг жүйесін құру
		5. Түзету әрекеттерін белгілеу
6. Тексеру рәсімдерін белгілеу		
7. Деректерді тіркеу рәсімдерін белгілеу		

Сурет 1 – НАССР-тың алдын-ала қадамдары және жеті қағидасы

Мемлекеттік ветеринария органдары малдардың эпизоотиялық және энзоотиялық аурулары анықталған барлық жағдайлар туралы шаруа қожалықтарына және оларға көршілес шаруашылықтарға хабардар етуге міндетті. Өндіруші инфекция анықталған кезде қабылданған тексеруді растайтын құжаттарды және нақты шаралар туралы мәліметтерді сақтауы керек. Сонымен қатар, шаруашылықтардан союға мал немесе шикі ет алатын сатып алушылар осы тексерулердің нақтылығын тексеріп, жануарлардың денсаулығының ветеринариялық және зоотехникалық нормалар мен ережелерге сәйкестігін бағалай алады. Мысалы, ет және ет өнімдері, жаңа сойылған мал ұшалары, патогендік микробтармен ластануға ең осал тағам өнімдері болып саналады, өйткені ет микроорганизмдердің дамуы үшін қолайлы қоректік орта. Сондықтан ет өндірісінде НАССР жүйесін енгізу міндетті талап болып табылады. Ет өнімдерімен байланысты ықтимал микробтық қауіптер (*E. coli*, *Salmonella* түрлері, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.*) анықталды. Бұл қоздырғыштарды шикі ет пен ет өндіретін кәсіпорындарда, мысалы, құралдар мен машиналарда немесе кәріздерде анықталған. Ет өндірісіндегі биологиялық қауіптерді бақылау немесе олардың пайда болуын анықтау НАССР әдіснамасына біріктірілген [6,7,8].

Заңсыз әрекеттерге байланысты шикі ет немесе ет өнімдерінде кейбір улы химиялық қосылыстар болуы мүмкін, өйткені олар ветеринарлық препараттардың қалдықтарымен ластанады [9]. Ет құрамындағы есірткі қалдықтарын азайту үшін жануарларда есірткі қалдықтарын бақылау бағдарламаларын жүзеге асырып және де емдік мақсаттағы препараттарды қолдануды мұқият қадағалауды қамтамасыз ету қажет. Жануарларға арналған жем-шөп пен олардың құрамдас бөліктерінде микотоксиндер, ауыр металдар мен нитрит тұздары және т.б. қоспалар ерекше аллергиялық реакцияларды тудырып, қоршаған ортаның белгілі бір ластаушы заттары болуы мүмкін. Экономикалық шығындардың алдын алып, қоспалардың мөлшерін нормативтік құжаттамаларында рұқсат етілген мөлшерде реттеу,

НАССР жүйесінің мал шаруашылығы мен ет өндірісіндегі жақсы өндірістік тәжірибе арқылы жетілдіреді [10].

«ШАМШЫРАҚ» АӨК-де өндіріс кезінде өндірілетін өнім дұрыс емес сақтау жағдайларына ұшырауы мүмкін, ол қасапшының, саудагерлердің, тіпті тұтынушылардың хабардар болмауына байланысты туындайды. Осы орайда ет дұрыс емес салқындату және мұздату процестерінен, реттелмейтін гигиеналық тәжірибелерден өтуі мүмкін. Сою кәсіпорындарында өндірістік ресурстары бар қоймалардағы температура мен ылғалдылықты әрдайым бақылай бермейді, сонымен қатар стандарт талаптары бойынша температуралық сақтау режимдерінің сәйкес келмеуі немесе зиянкестермен, кеміргіштермен, жәндіктермен ластануға ұшырауы мүмкін. Сою цехынан малды сойғаннан кейін температура режимі жоқ, жабдықталмаған көліктерде малды сауда орындарына тасымалдаулар болады. Сондықтан өндіріс кезінде ғана емес, түпкілікті өнім тұтынушыға жеткенге дейін барлық қауіп көздерін бақылау үшін бақылау бағдарламалары мен тиімді өндірістік жоспарды енгізу қажет.

**Зерттеу әдістері.** Орал қаласының «Шамшырақ» АӨК мал сою пункті үшін етті алғашқы өңдеуге арналған НАССР жоспары келтірілген. НАССР жоспарын құру үшін Кодекс Алиментариус міндеттері сапа қауіпсіздік жүйесінің жеті ережесін қамтитын барлық болжамды қауіптері (мал сою кезінде) бақыланады. НАССР қауіпсіздік жүйесін енгізу дәйекті және бірін-бірі толықтыратын кезеңдерден өтуге және дамытуға негізделген [10,11]. Осылайша, мал союдың технологиялық процесінің жекелеген негізгі тізбегін бақылауда ұстау, осы белсенді жүйені «ШАМШЫРАҚ» АӨК енгізу және мұндай жоспар басқа шаруа қожалықтарында ұқсас құжаттарды жасау үшін үлгі бола алады.

**Зерттеу нәтижелері.** Азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің кез келген жүйесін әзірлеудің негізгі мәселесі шикізатты қабылдаудан бастап дайын өнімді сатуға дейінгі өндірістің барлық технологиялық процесінде қауіпті факторларды анықтау, бағалау және басқару болып табылады. Қауіпті факторларды талдау әдістемесі ГОСТ 51705.1-01 ұсынылған, оларды қолдану объективті бағалауды толық жүргізуге мүмкіндік бермейді, өйткені бұл жалпы әдіс және ет өнеркәсібі кәсіпорындарында қолдануға бейімделмеген. Қауіпті факторларды дұрыс бағаламау жүйенің дұрыс жұмыс істеуіне және дамымауына әкеледі [11,12,13].

Жүйе тағам өнімдері мен азық-түлік шикізатының қауіпсіздігіне деген сенімділікті арттыруға, тұтынушылардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіретін қауіптердің алдын алуға немесе қолайлы деңгейіне дейін төмендетуге бағытталған.

Союға жеткізілген малдың денсаулығын белгіленген формадағы ілеспе ветеринариялық құжаттарға сәйкес фермалардан мал жеткізілуін ветеринариялық-санитариялық ережелерге сәйкес ветеринариялық инспекция бақылайды [14,15]. Сурет 2 сәйкес сою процесі бірнеше кезеңдерді қамтиды, ал сурет 3 бойынша бақылаудың сыни нүктелері белгіленді.



Сурет 2 – Сою процесінің кезеңдері

Бағалау технологиялық процестерді егжей-тегжейлі және кезең-кезеңмен талдаудан, осы кезеңге тән барлық ықтимал қауіпті факторларды сипаттаудан басталады. Қоймаға жіберілген жануарлардың денсаулығына кепілдік беру үшін барлық мал сою алдындағы ветеринариялық тексерістен өтеді. Есінен тандыру қорапта жүзеге асырылады және оны арнайы оқытылған технолог пневматикалық мылтықтың көмегімен жүзеге асырады. Содан кейін жануарды темір жол бойымен сою үшін тасымалдайды. Малды есінен тандырғаннан кейін 60 секунд ішінде, стерильді пышақтардың асептикалық әдісін қолдана отырып, ауырсыну сезімі қалпына келгенге дейін бауыздайды. Теріні сыпыру және асқазан-ішек жолдарын алып тастау бекітілген гигиеналық жұмыс рәсімдерін қолдана отырып, өндірістік гигиена ережелеріне сәйкес жүргізіледі [16,17].

Гигиеналық процедуралар бекітілгеннен кейін малдың басы және ішкі мүшелері гигиеналық өңделеді. Ветеринария-санитариялық сараптаманы ветеринар ережелерге сәйкес жүргізеді. Тұтас және кесек бөлшектер тұтынушылар мен өндірістік гигиена және техникалық талаптарына сәйкес әрі қарай бөлшектеліп, буылып-түйіліп, салқындатылып, жөнелтіледі [18].

### **Ғылыми нәтижелерді талқылау**

Енгізіліп жатқан HACCP жүйесі азық-түлік сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелерін шешуде қолданылады. Ал сыни бақылау нүктелері микрофлораның дамуы, еттің микробиологиялық көрсеткіштерінің нашарлауы, процестің келесі кезеңдері технологиялық режимнің бұзылуына байланысты пайда болуы мүмкін. Бұл әртүрлі технологиялық параметрлерді бұзған кезде кумулятивті әсер ету мүмкіндігін көрсетеді.

*HACCP жүйесінің нәтижелеріне сәйкес кемшіліктері:* тағамның қауіпсіздігіне толық сенімді болу үшін өнімді 100% бақылау қажет. Тағам өнімдерінің ағымдағы қауіпсіздігін бағалау бойынша рәсімдер ұзақ және қымбат. Тағам өнімдерінің қауіпсіздігіне кепілдік тек қана тексерілген қауіп түріне қатысты беріледі. HACCP жүйесінің нәтижелеріне сәйкес ең басты артықшылықтары: Ет және басқа да азық-түлік өнімдерінің технологиялық үдеріске сәйкес келмеуін дер кезінде болдырмауы. Қауіпсіздікті құжаттық растау. ИСО 9001:2000 интеграциялау мүмкіндігі бар. Өндірілген өнімдердің бәсекелестігін арттыру болып табылады [19,20].

Өнімнің циклін зерттеу процестің әсерлерінің алдын алып жоспар құруға және сыни бақылау нүктелерін (СБН) орнатуға мүмкіндік берді (сурет 3). Тәуекелдерді талдау нәтижелері процестің белгілі бір кезеңдерінде денсаулыққа зиян келтіру қаупін едәуір төмендетіп және өнім сапасының төмендеуін, сапасыз өнім пайда болуын болдырмай және СБН санын азайтуы мүмкін. Егер СБН-де сыни шектердің бұзылуы орын алса, онда оларды міндетті түрде тіркей отырып түзету әсерлерін жүзеге асыру қажет. Осылайша, HACCP операциялық жүйелері қауіпсіз және сапалы өнімдерді шығаруға ықпал етеді.

ГОСТ 33182-2014 «Промышленность мясная. Порядок разработки системы HACCP на предприятиях мясной промышленности» стандарт талаптары негізінде «Шамшырақ» АӨК қасапханасында HACCP жоспары арқылы СБН анықталып, «әлсіз» технологиялық кезеңдерді анықтауға және технологиялық процестерді бақылауды күшейтуге, сол арқылы сапалық көрсеткіштерді тұрақтандыруға мүмкіндік берді. HACCP жүйесі тәуекелдің алдын алуға негізделген және соңғы өнімді тексеруге тәуелділікті азайтады.

### **Қорытынды**

Бұл жүйе өндірушілерге тағам өнімдерінің қауіпсіздігін толық қамтамасыз ететін тәсілдерді ұсынады. Жақсы гигиеналық тәжірибені пайдалану өндірістен бастап, соңғы тұтынушылармен аяқталатын барлық өнім өндіру тізбегінен толық өтуге мүмкіндік береді. Бұл ретте өндіріс үшін ең қолайлы қауіпсіз гигиеналық жағдайлар анықталады. Демек, мұндай тәжірибе жоғары сапаны қамтамасыз етуге арналған жетік құрал болып табылады, ал HACCP сертификаты оны растайды. HACCP принциптері қауіпсіз және сапалы өнім өндіруге кепілдік беріп қана қоймай, сонымен қатар нарықтағы кәсіпорынның танымалдығын арттырады.

Процесс сатысы	Өнімнің қауіпсіздігіне қауіп	Мүмкін көрініс	Негізі	Түзету шаралары	Сыни бақылау нүктелері
Тірі малды жеткізу	Микробиологиялық - <i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> патогендік бактериялар	Иә	Патогендік МО жануарлардың шаштары арқылы тасымалданады	Гигиеналық процедуралар: малды тазарту, сою алдында жуу	СБН 1
	Химиялық - қалдық улы заттар	Жоқ	Ветеринарда қолданылатын ветеринариялық препараттар туралы мәліметтер бар	-	-
	Физикалық - сынған инелер сияқты бөгде материалдар	Жоқ	Жеке шаруашылықтың малдары	-	-
Малды есінен тандыру	Микробиологиялық	Жоқ	-	-	-
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық – күйзеліс, бұлшықет массасының құрылымы бұзылады, еттің минералды құрамы өзгереді	Иә	Нәтижесінде күйзеліске ұшыраған малдың еті сойылғаннан кейін бірден төмен рН болады. Ұша тез қатып қалады.	Ортаның барынша оңтайландыру мен қолайлы жағдайлар жасау	СБН (бұл мәселе күмән тудырады)
Бауыздау	Микробиологиялық - патогендік МО көзі болуы мүмкін қызметкерлер, мал сою алаңы	Иә	Қолмен гигиеналық процедураларды өткізудің күрделі тәртібі	Қызметкерлерді қатаң тексеру, мал сою алаңын, құрал-жабдықтарды дезинфекциялау	СБН 2
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Мүйіздер мен терілерді гигиеналық алып тастау	Микробиологиялық	Жоқ	-	-	-
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық - тегістеу және ағарту кезінде жабдықтан ластануы	Иә	Қолмен гигиеналық процедураларды өткізудің күрделі тәртібі	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН (бұл мәселе күмән тудырады)
Өңешті байлау немесе тығыздау	Микробиологиялық - бас пен мойынның өңештен ластануы	Иә	Ілген кезде сойылған малдың іш құрылысы тегілуі мүмкін	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН (бұл мәселе күмән тудырады)
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Үстелге түсіру және теріні алу	Микробиологиялық - тері арқылы патогенді микробтармен ластану ( <i>Escherichia coli</i> )	Иә	Тері арқылы ластану. Бұл кезеңде ықтимал ластану болуы мүмкін.	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН (бұл мәселе күмән тудырады)
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Тік ішекті босату және таңу	Микробиологиялық - АІЖ-дан патогендермен ластану	Иә	Бұл кезеңде ықтимал ластану болуы мүмкін	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН 3
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Ұшаны көтеру және теріні алуды аяқтау	Микробиологиялық - АІЖ-дан патогенді МҰ-ның ластануы	Иә	Бұл кезеңде ықтимал ластану болуы мүмкін	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН 4
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Асқазан ішек жолын және бауырды гигиеналық алып тастау	Микробиологиялық - АІЖ-дан патогенді МҰ-ның ластануы ( <i>Escherichia coli</i> )	Иә	Ластану желдену кезінде ет-ішек жолының қабырғасының бұзылуы салдарынан туындауы мүмкін	Келісілген гигиеналық процедуралар	СБН 5
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Соңғы жуу	Микробиологиялық - патогенді МО: теріден және/немесе АІЖ ластануы	Иә	Патогенді микроорганизмдердің деңгейін төмендету үшін қолайлы кадам	Ұша қажетті жуылады	СБН 6
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Салқындату	Микробиологиялық - патогенді МО: <i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> , <i>Escherichia coli</i>	Иә	Дұрыс емес салқындату режимдерін пайдалану кезінде патогенді микроорганизмдердің өсу ықтималдығы бар	Келісілген салқындату режимдерін қолдану	СБН 7
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-
Соңғы өнімді жіберу	Микробиологиялық - патогенді МО: <i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> , <i>Escherichia coli</i>	Иә	-	Келісілген гигиеналық процедураларды сақтай отырып, өніммен жұмыс істеу	СБН 8
	Химиялық	Жоқ	-	-	-
	Физикалық	Жоқ	-	-	-

\*МО – микробзалар, \*АІЖ - Асқазан ішек жолы, \*МҰ – мал ұшасы

Сурет 3 – Сою кезіндегі сыни нүктелерді бақылау

### Әдебиеттер тізімі

1. Кузнецова О.А. Системы управления качеством и обеспечения безопасности, основанные на принципах HACCP / О.А. Кузнецова, З.А. Юрчак, А.Е. Гирукая // Теория и практика переработки мяса. Все о мясе. – 2014. – № 1. – С.11-13.
2. Metaxopoulos J. Examination of microbiological parameters relevant to the implementation of GHP and HACCP system in Greek meat industry in the production of cooked sausages and cooked cured meat products / J. Metaxopoulos, D. Kritikos, E.H. Drosinos // Food Control. – 2003. – №14. – P. 323-332.
3. A'diat A.A.A. Fulfillment of GMP standard, halal standard, and applying HACCP for production process of beef floss (Case study: Ksatria enterprise) / A.A.A. A'diat et al // In AIP Conference Proceedings: AIP Publishing: Long Island NY, USA, 2018. – P.1-7.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. (с изменениями на 25 ноября 2022 года). <https://docs.cntd.ru/document/902320560>.
5. Ловкис З.В. Технические регламенты Таможенного союза – ключ к конкурентоспособности отечественной продукции / З.В. Ловкис, Е.М. Моргунова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 3(21). – С.6-10.
6. Doyle M.P. Emerging microbiological food safety issues related to meat / M.P. Doyle, M.C. Erickson // Meat Science. – 2006. – № 74. – P. 98-112.
7. Tompkin R. Control of *Listeria monocytogenes* in the food-processing environment / R. Tompkin // Journal of Food Protection. – 2002. – № 65. – P. 709-725.
8. A survey of food-borne pathogens in free-range poultry farms / J.I. Esteban et.al // International Journal of Food Microbiology. – 2008. – № 123. – P. 177-182.
9. Bal B. / Recent Advances in Molecular Techniques for the Diagnosis of Foodborne Diseases // B. Bal, S. Nayak, A.P. Das // Nanotechnology Applications in Food. – 2017. – P. 267-285.
10. ГОСТ 33182-2014. Промышленность мясная. Порядок разработки системы HACCP на предприятиях мясной промышленности. – Введ. 2016-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019.
11. ГОСТ Р 51705.1-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов HACCP. Общие требования – Введ. 2001-07-01. – М.: Стандартинформ, 2009.
12. Prediction of meat quality traits in the abattoir using portable and hand-held near-infrared spectrometers / S. Savoia et al // Meat Science. – 2020. – № 161. – P. 8-17.
13. Деревеньков И.А. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Разработка и применение системы HACCP: учебное пособие / И.А. Деревеньков, Т.Е. Никифорова. – Иваново, 2019. – 21 с.
14. Новые стандарты в мясной отрасли / О.А. Кузнецова и др. // Мясная индустрия. – 2015. – № 11. – С. 20-23.
15. Мармуза Л.П. Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевом промышленности. – Москва: ПрофОбрИздат, 2008. – 136 с.
16. Studying process variables to obtain undisturbed shaped soft meat for people with poor oral health / R. Grau et al // Meat Science. – 2022. – № 194. – P. 1-8.
17. Подтверждение соответствия мясной продукции на единой территории Таможенного союза / З.А. Юрчак и др. // Мясная индустрия. – 2015. – № 10. – С. 29-31.
18. Bower C.K. Resistance responses of microorganisms in food environments / C.K. Bower, M.A. Daeschel // International Journal of Food Microbiology. – 1999. – № 50. – P. 33-44.
19. Кузнецова О.А. Предпосылки к внедрению системы HACCP на предприятиях, производящих пищевые ингредиенты / О.А. Кузнецова, З.А. Денисова // Мясная сфера. – 2008. – № 10. – С.12-13.
20. Microbiological analysis of common preservatives used in food items and demonstration of their in vitro anti-bacterial activity / T. Sultana et al // Asian Pacific Journal of Tropical Disease. – 2014. – № 4. – P. 452-456.

## References

1. Kuznetsova O.A. Sistemy upravleniya kachestvom i obespecheniya bezopasnosti, osnovannye na printsipakh NASSR / O.A. Kuznetsova, Z.A. Yurchak, A.E. Girukaya // Teoriya i praktika pererabotki myasa. Vse o myase. – 2014. – № 1. – S.11-13. (In Russian).
2. Metaxopoulos J. Examination of microbiological parameters relevant to the implementation of GHP and HACCP system in Greek meat industry in the production of cooked sausages and cooked cured meat products / J. Metaxopoulos, D. Kritikos, E.H. Drosinos // Food Control. – 2003. – №14. – P. 323-332. (In English).
3. A'diat A.A.A. Fulfillment of GMP standard, halal standard, and applying HACCP for production process of beef floss (Case study: Ksatria enterprise) / A.A.A. A'diat et al // In AIP Conference Proceedings: AIP Publishing: Long Island NY, USA, 2018. – P.1-7. (In English).
4. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoi produktsii. (s izmeneniyami na 25 noyabrya 2022 goda). <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. (In Russian).
5. Lovkis Z.V. Tekhnicheskie reglamenti Tamozhennogo soyuza – klyuch k konkurentosposobnosti otechestvennoi produktsii / Z.V. Lovkis, E.M. Morgunova // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii. – 2013. – № 3(21). – S.6-10. (In Russian).
6. Doyle M.P. Emerging microbiological food safety issues related to meat / M.P. Doyle, M.C. Erickson // Meat Science. – 2006. – № 74. – R. 98-112. (In English).
7. Tompkin R. Control of *Listeria monocytogenes* in the food-processing environment / R. Tompkin // Journal of Food Protection. – 2002. – № 65. – P. 709-725. (In English).
8. A survey of food-borne pathogens in free-range poultry farms / J.I. Esteban et.al // International Journal of Food Microbiology. – 2008. – № 123. – R. 177-182. (In English).
9. Bal B. / Recent Advances in Molecular Techniques for the Diagnosis of Foodborne Diseases // B. Bal, S. Nayak, A.P. Das // Nanotechnology Applications in Food. – 2017. – R. 267-285. (In Russian).
10. GOST 33182-2014. Promyshlennost' myasnaya. Poryadok razrabotki sistemy KHASSP na predpriyatiyakh myasnoi promyshlennosti. – Vved. 2016-07-01. – M.: Standartinform, 2019. (In Russian).
11. GOST R 51705.1-2001. Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov KHASSP. Obshchie trebovaniya – Vved. 2001-07-01. – M.: Standartinform, 2009. (In Russian).
12. Prediction of meat quality traits in the abattoir using portable and hand-held near-infrared spectrometers / S. Savoia et al // Meat Science. – 2020. – № 161. – R. 8-17. (In Russian).
13. Dereven'kov I.A. Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoi produktsii. Razrabotka i primeneniye sistemy HACCP: uchebnoe posobie / I.A. Dereven'kov, T.E. Nikiforova. – Ivanovo, 2019. – 21 s. (In Russian).
14. Novye standarty v myasnoi otrasli / O.A. Kuznetsova i dr. // Myasnaya industriya. – 2015. – № 11. – S. 20-23. (In Russian).
15. Marmuza L.R. Osnovy mikrobiologii, sanitarii igiieny v pishchevom promyshlennosti. – Moskva: ProFObRizdat, 2008. – 136 s. (In Russian).
16. Studying process variables to obtain undisturbed shaped soft meat for people with poor oral health / R. Grau et al // Meat Science. – 2022. – № 194. – P. 1-8. (In English).
17. Podtverzhdeniye sootvetstviya myasnoi produktsii na edinoi territorii Tamozhennogo soyuza / Z.A. Yurchak i dr. // Myasnaya industriya. – 2015. – № 10. – S. 29-31. (In Russian).
18. Bower C.K. Resistance responses of microorganisms in food environments / C.K. Bower, M.A. Daeschel // International Journal of Food Microbiology. – 1999. – № 50. – P. 33-44. (In English).
19. Kuznetsova O.A. Predposylki k vnedreniyu sistemy NASSR na predpriyatiyakh, proizvodnyashchikh pishchevye ingredienty / O.A. Kuznetsova, Z.A. Denisova // Myasnaya sfera. – 2008. – № 10. – S.12-13. (In Russian).
20. Microbiological analysis of common preservatives used in food items and demonstration of their in vitro anti-bacterial activity / T. Sultana et al // Asian Pacific Journal of Tropical Disease. – 2014. – № 4. – P. 452-456. (In English).



**А.Т. Абылгазинова<sup>1\*</sup>, А.Ж. Оразов<sup>2</sup>, А.С. Жумагалиева<sup>2</sup>, Ж.Ж. Қойшиева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр.Мәңгілік Ел, 8

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана  
090009, Республика Казахстан, г. Уральск, ул.Жангир хана, 51

<sup>3</sup>Колледж туризма Мангистау  
130000, Республика Казахстан, г. Ақтау, мкр.3Б

\*e-mail: a.abylgazinova@list.ru

## **РАЗРАБОТКА ПЛАНА НАССР НА ПЕРВИЧНУЮ ПЕРЕРАБОТКУ МЯСА В АПК «ШАМШЫРАК»**

*В ходе данного исследования был разработан план НАССР по всем рискам, связанных с забоем и первичной переработкой КРС в СПК «ШАМШЫРАК». Рассмотрены все потенциальные опасности, возникающие на различных этапах производства, проведен анализ рисков, выделены критические контрольные точки (ККТ) и определен перечень мер по исправлению ситуации на примере этапа убоя. Исследование производственного процесса, в том числе тщательное изучение схемы производства и нормативно-технической документации, является основой анализа рисков, при котором исключаются все операции, производимые вне производства. В исследовании система НАССР использовалась только на этапах производственного убоя КРС, от поставки живых животных до отгрузки конечного продукта (мяса). Были идентифицированы и учтены семь критически контрольных точек риска. Кроме того, были учтены допустимые критические пределы для добавок и немясных ингредиентов и организованы соответствующие корректирующие мероприятия.*

*Система НАССР является эффективным инструментом управления, который применяется для продвижения предприятия на рынке продовольственных товаров и защиты производственных процессов от различных опасностей, включая биологические (микробиологические), химические, физические риски и другие типы загрязнений. Для процессов проверки необходимо регулярно пересматривать план НАССР, чтобы правильно фиксировать выявленные точки опасности и критические пределы. Для обеспечения производства безопасной, бездефектной пищевой продукции большое значение приобрело сопровождение цепочки поставок путем привлечения сертифицированных поставщиков, а также разработанных процедур проверки плана НАССР.*

**Ключевые слова:** *технический регламент, безопасность, НАССР, корректирующие эффекты, критические точки, первичная обработка мяса.*

**A.T. Abylgazinova<sup>1\*</sup>, A.Zh. Orazov<sup>2</sup>, A.S. Zhumagalieva<sup>2</sup>, Zh.Zh. Koishieva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Scientific and Production Center of Animal Husbandry and Veterinary Medicine  
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El Ave., 8

<sup>2</sup>West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan  
090009, Republic of Kazakhstan, Uralsk, Zhangir Khan St., 51

<sup>3</sup>Mangystau College of Tourism  
130000, Republic of Kazakhstan, Aktau, microdistrict 3B

e-mail: a.abylgazinova@list.ru

## **DEVELOPMENT OF THE HACCP PLAN FOR PRIMARY MEAT PROCESSING IN THE SHAMSHYRAK AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

*During this study, a HACCP plan was developed for all risks associated with the slaughter and primary processing of cattle at the SHAMSHYRAK agricultural co-operative. All types of hazards that may arise at each stage of production are considered, a risk analysis, critical control points (CCPs) and a list of corrective actions using the example of slaughter are provided. Research of the production process, including a thorough study of the production scheme and regulatory and technical documentation, is the basis for risk analysis, which excludes all operations performed outside of production. In the study, the HACCP system was used only at the stages of cattle slaughter, from the supply of live animals to the shipment of the final product (meat). Seven critical risk control points were identified and addressed. In addition, the permissible critical limits for additives and non-meat ingredients have been considered and appropriate corrective actions have been taken.*

*The HACCP system is an effective management tool used to promote an enterprise in the food market and protect production processes from biological (microbiological), chemical, physical risks and other contaminants. For inspection processes, the HACCP plan must be reviewed regularly to ensure that identified hazard points and critical limits are correctly captured. To ensure the production of safe, defect-free food*

products, maintaining the supply chain through the involvement of certified suppliers, as well as developed procedures for verifying the HACCP plan, has become of great importance.

**Key words:** technical regulations, safety, HACCP, corrective effects, critical points, primary meat processing.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Айжан Тлеужановна Абылгазинова\*** – Ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, доцент м.а; Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы; Астана қ., Қазақстан; e-mail: a.abylgazinova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1562-2123>.

**Аян Жарилкасинович Оразов** – Техника ғылымдарының кандидаты, Агротехнологиялық институтының ғылыми жұмыстар жөніндегі директор орынбасары, доцент м.а.; Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті; Орал қ., Қазақстан; e-mail: orazov\_ayan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-1295>.

**Айнагуль Сериккалиевна Жумағалиева** – Агротехнологиялық институтының оқытушысы, магистр; Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті; Орал қ., Қазақстан; e-mail: aserikkaliyevna@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1233-799X>.

**Жансая Жұмасұлтанқызы Қойшиева** – Магистр, оқытушы; Маңғыстау туризм колледжі; Ақтау қ., Қазақстан; e-mail: zhan555saya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9193-7226>.

#### Сведения об авторах

**Айжан Тлеужановна Абылгазинова** – кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. доцента; научно-производственный центр животноводства и ветеринарии; г. Астана, Казахстан; e-mail: a.abylgazinova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1562-2123>.

**Аян Жарилкасинович Оразов** – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе Агротехнологического института, и.о. доцента; Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана; г. Уральск, Казахстан; e-mail: orazov\_ayan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-1295>.

**Айнагуль Сериккалиевна Жумағалиева** – магистр, преподаватель Агротехнологического института; Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана; г. Уральск, Казахстан; e-mail: aserikkaliyevna@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1233-799X>.

**Жансая Жұмасұлтановна Койшиева** – магистр, преподаватель; Мангистауский колледж туризма; г. Ақтау, Казахстан; e-mail: zhan555saya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9193-7226>.

#### Information about the authors

**Aizhan Abylgazinova** – Candidate of Agricultural Sciences, Acting Associate Professor; Scientific and Production Center of Animal Husbandry and Veterinary Medicine; Astana, Kazakhstan; e-mail: a.abylgazinova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1562-2123>.

**Ayan Orazov** – Candidate of Technical Sciences, vice director for scientific work at the Agrotechnological Institute; West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan; Uralsk, Kazakhstan; e-mail: orazov\_ayan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-1295>.

**Ainagul Zhumagalieva** – Master, teacher at the Agrotechnological Institute; West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan; Uralsk, Kazakhstan; e-mail: aserikkaliyevna@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1233-799X>.

**Zhansaya Koishieva** – Master, teacher; Mangystau College of Tourism; Aktau, Kazakhstan; e-mail: zhan555saya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9193-7226>.

*Редакцияға енуі 08.04.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 15.05.2024*

*Жариялауға қабылданды 16.06.2024*

**А. Азаматқызы\*, А.А. Жельдыбаева, Қ.Р. Қырықбай, Е.Қ. Қожкенова**

Алматы технологиялық университеті

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Фурката көшесі 384/4

\*e-mail: azamatyzy02@mail.ru

## **ӨСІМДІКТЕРДЕН АЛЫНАТЫН ТАБИҒИ ФЕНОЛДЫ БОЯҒЫШТАРДЫ ТАМАҚ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДЕ ҚАУІПСІЗ БОЯҒЫШТАР РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ**

**Аңдатпа:** Тағам өнеркәсібінің маңызды міндеті-халықтың денсаулығына, ұзақ өмір сүруіне және жұмысқа қабілеттілігіне ықпал ететін адамның барлық физиологиялық қажеттіліктерін қамтамасыз ететін жоғары сапалы тамақ өнімдерімен қамтамасыз ету. Қазіргі уақытта түс тағам сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі болып саналады. Мақалада өсімдіктерден және оның тағам өнеркәсібіндегі қалдықтарынан табиғи фенолды бояғыш пигменттерді алудың заманауи әдістері туралы мәліметтерді қамтитын отандық және шетелдік әдебиеттерге шолу жүрізілді. Өсімдіктерден алынған табиғи бояғыштар тағам өнімдеріне тек қана түс беріп қана қоймай, сонымен қатар оларды биологиялық белсенді заттармен байытуға, тағамдық құндылығын арттыруға, өнім жарамдылығын ұзартуға мүмкіндік бере алатыны атап өтілді. Табиғи фенолды бояғыштарды өндіру арнайы тәсілді, технологиялар мен өндірістік процестерді жетілдіруді талап ететіні атап өтілді. Тағамдық бояғыштардың үлкен және маңызды тобы табиғи фенолды қосылыстардан тұратын бояғыштар. Фенолды қосылыстар барлық өсімдіктерде жиналады. Олардың арасында флавоноидтар (антоцианиндер, флавонолдар мен флавонондар, халкондар мен аурондар), сондай-ақ нафтохинон және антрахинон туындылары бояғыш қасиеттерге ие. Табиғи фенолды қосылыстар антисептикалық, антиоксидантты, кардиотоникалық, кардиотропты, спазмолитикалық, гипотензивті, гепатопротекторлық, гемостатикалық қасиеттерге ие. Бұл қасиеттер фенолды қосылыстардың медицина мен биологияда, сондай-ақ тағам өнеркәсібінде кеңінен қолданылуына әкеледі. Табиғи бояғыштар мен олардың қауіпсіздігі саласындағы зерттеулер нарықтың заманауи талаптарына жауап ретінде қауіпсіз, табиғи және жоғары сапалы өнімдерді жасауға бағытталған маңызды қоғамдық және экономикалық маңызға ие.

**Түйін сөздер:** Тағам өндірісі, табиғи бояғыштар, фенолды қосылыстар, өсімдіктер, химиялық құрам.

Қазіргі уақытта тағам өндірісінде бояғыштар көптеп қолданылады. Өнімдерге тартымды түс сипаттамаларын беру үшін синтетикалық және табиғи бояғыштар қолданылады. Өкінішке орай, соңғы жылдары Отандық өндірісте де, шетелдік өндірісте де синтетикалық бояуларға ерекше мән беріп отыр. Себебі, синтетикалық бояуларды тағамдарға аз ғана мөлшерде қосқанның өзінде синтетикалық бояғыштар тұрақты түс береді және бағасы да арзан болып табылады. Алайда, барлық артықшылықтарымен синтетикалық бояғыштар адам ағзасына улы және канцерогенді болып шықты. Соңғы жылдары Ұлыбританияда жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, синтетикалық бояғыштар уытты және адам ағзасына канцерогенді болуына байланысты синтетикалық бояғыштарды тағамдық бояғыштар ретінде пайдалануға тыйым салынды. Осыған байланысты табиғи бояғыш заттарды қолданудың тұрақты тенденциясы байқалды, олардың ішінде көбінесе фенолды қосылыстарға ерекше назар аударылады [1].

Қазақстан Республикасының «Азық-түлік қауіпсіздігі туралы» Заңында: тағамдық қоспалар және тамақ өнімдерін жасау үшін қолданылатын бояғыштар адам өмірі мен денсаулығына зиян келтірмеуі керек. Сондықтан, дұрыс тамақтануды ұйымдастырудың заманауи ұсыныстарында азық-түлік өнімдерінің түс гаммасын жасау үшін зиянсыз табиғи бояғыш пигменттерді пайдалану мәселесі қарастырылады. Табиғи тағамдық бояулар алу үшін әртүрлі өсімдік көздері (жидектер, жемістер, гүлдер, көкөністер, тамырлар, сабақтар, жапырақтар және т.б.) қолданылады. Біздің елімізде тағам өнеркәсібінде (консервілеу, алкогольсіз сусын, қант, кондитерлік өнімдер, нан пісіру) қолданылады. Бояғыш заттардан басқа, өсімдік шикізатында басқа да табиғи заттар бар, мысалы: химиялық қосылыстар- қант, пектиндер, ақуыз заттары, органикалық қышқылдар, дәрумендер, минералды тұздар. Олардың көпшілігі биологиялық белсенділікке ие. Өсімдіктерден алынған табиғи бояғыштарды пайдалану тағам өнімдеріне тек қана түс беріп қана қоймай, сонымен қатар оларды

биологиялық белсенді заттармен (витамины, гликозидтер, органикалық қышқылдар, микроэлементтер) байытуға мүмкіндік береді.

Тағамдық бояғыштардың үлкен және маңызды тобы табиғи фенолды қосылыстардан тұратын бояғыштар. Фенолды қосылыстар барлық өсімдіктерде жиналады. Олардың арасында флавоноидтар (антоцианиндер, флавонолдар мен флавоноиддар, халкондар мен аурондар), сондай-ақ нафтохинон және антрахинон туындылары бояғыш қасиеттерге ие. Табиғи фенолды қосылыстар антисептикалық, антиоксидантты, кардиотоникалық, кардиотропты, спазмолитикалық, гипотензивті, гепатопротекторлық, гемостатикалық қасиеттерге ие. Бұл қасиеттер фенолды қосылыстардың медицина мен биологияда, сондай-ақ тағам өнеркәсібінде кеңінен қолданылуына әкеледі. Құрамында фенолды қосылыстар бар өсімдік сығындылары тағамдық бояғыштар, антиоксиданттар, консерванттар ретінде қолданылады [2,3].

Табиғи бояғыш заттардың перспективалы көздерін табуға, оларды алу және қолдану технологиясын ғылыми негіздеуге және дамытуға бағытталған зерттеулер шеңберінде табиғи өсімдік фенолды қосылыстарын зерттеу ерекше орын алады. Табиғи фенолды қосылыстар, олардың физика-химиялық қасиеттері, олардың құрамы мен көптеген өсімдіктерде жинақталу заңдылықтары, олардың биохимиялық өзгерістері, қолдану салалары мен шарттарын көптеген зерттеушілер зерттеген. Солардың ішінде Тәжікстан және Ресей елінің ғалымдары бірнеше зерттеу жұмыстарын жасаған. Автордың жүргізген зерттеу нәтижелеріне сүйенетін болсақ, азық-түлікті бояуға жарамды табиғи фенолды бояғыш заттар Тәжікстан елінің аумағында өсетін бақбақ, айва ағашы, грек жаңғақ қабығы, рауғаш тамыры мен тамырсабақтары, жылқы қымыздықтары, мия тамыры және ырғай өсімдіктерінің құрамында көптеп кездесетіні анықталған [4].

Мысалы, шайқурай құрамында биологиялық белсенді заттар бар – флавоноидтар (9-11, 5%), таниндер, фенол қышқылдары (хлороген және кофе қышқылдары), витаминдер (0,1-0,15% С дәрумені), 4-5% каротин, сапониндер сияқты фенолды қосылыстар кластары. Шайқурай антоцианиндер (4-5%), каротиноидтар (4-5%) және антрацен туындылары- гиперин, псевдогиперин, гиперин сияқты заттар бояғыш қасиеттерге ие.

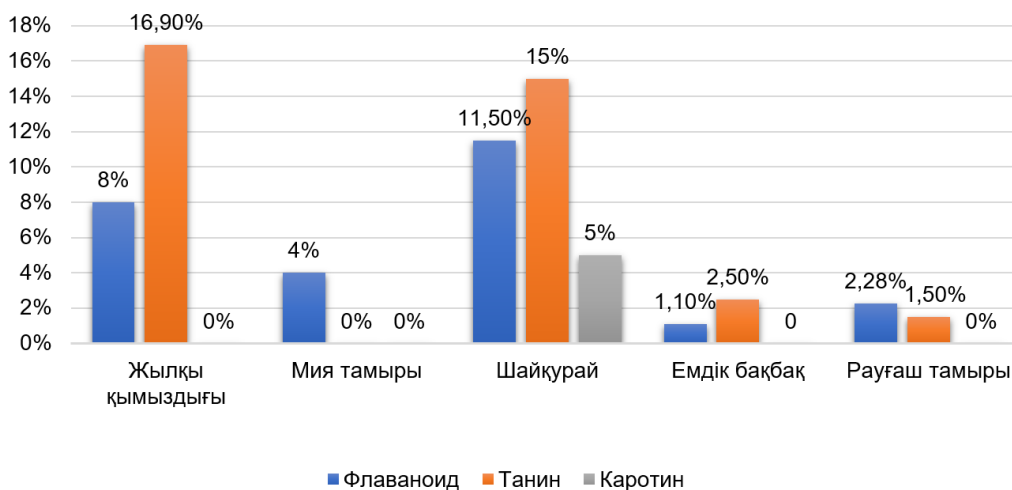
Дәрілік бақбақ құрамында каротиноидтар бар, оның ішінде тараксадин – 10-15%, инулин – 20-40%, қант – 15% стерол, майлы май, темір, калий, марганец, фосфор; жапырақтары мен гүлшоғырларында С және В12 дәрумендері, холин, аспарагин бар.

Айва жемістерінде (%): қант – 7,22-16,6; органикалық қышқылдар – 0,2-1,26, пектин бар. Жапырақтарда (%) – шырышты заттар – 7, пирогаллол туындылары 5,6, амигдалин бар. Ағаштың экстрактивті заттары липидтердің, фенолдардың, трополондардың, гликозидтердің, төмен молекулалы көмірсулардың, пектиндердің, крахмалдың және ақуыздардың әртүрлі қосылыстарының қоспасы болып табылады. Ағаштың бояғыш экстрактивті заттары С6-С3-С6 құрылымының таниндері мен флавоноидтарымен ұсынылған. Олардың ішінде галл қышқылының туындылары-эллаг қышқылы, сонымен қатар кониферин, сирингин және т.б.

Жаңғақтың құрамында 14,7 полиқанқыпаған май қышқылдары, 15-18 ақуыздар, аминқышқылдары, таниндер мен бояғыштар бар. Бояғыш зат-дзуглон. Дзуглон мен инозитолдың үлкен концентрациясы жаңғақ жапырақтары мен қабығында кездеседі. Бұл өсімдіктің осы бөліктерінде каротиноидтар, флавоноидтар, эфир майлары, дәрумендер бар. Рауғашта дәрумендер, макро - және микроэлементтер, қанттар, органикалық қышқылдар сияқты биологиялық белсенді заттар бар. Фенолды заттар рауғашта антисептикалық қасиеттері бар таниндер, танногликозидтер және антрагликозидтер сияқты кластармен ұсынылған.

Жылқы қымыздықтарының тамырларында әртүрлі биологиялық белсенді заттар бар, соның ішінде фенол және экстрактивті заттар, витаминдер, органикалық қышқылдар және басқалар. Қымыздықтың барлық түрлері, соның ішінде жылқы қымыздықтары, фенолды қосылыстарды жинақтау қабілетімен ерекшеленеді. Қымыздықтардың емдік қасиеттері катехиндердің полимерлері болып табылатын таниндермен де байланысты. Жылқы қымыздықтарының тамырларындағы таниндердің мөлшері 16,9% жетеді. Қымыздық жемістері де таниндерге бай.

Химиялық құрамы жақсы зерттелген мия тамыры мен тамырсабақтарында биологиялық белсенді заттар бар екені белгілі. Бұл заттардың негізгісі – глицерризин, ол тритерпен сапониндеріне жатады. Сондай-ақ, мия тамырының жер асты бөліктерінде флавоноидтар табылған. Жалпы мазмұны шамамен 3-4% құрайды. Флавоноидтардың құрамдас құрамында шамамен 27 қосылыс бар: ликвиритозид, изоликвиритин, ликурозид, ликвиритигенин, 2,4-4-тригидроксихалкон және оның гликозиді, сондай-ақ ликвиритин. Бұл қосылыстардан басқа мия құрамына глабр қышқылы, диоксистеригмастерин, цирризин ащысы, эфир майы, сары пигмент, аспарагин, қант (глюкоза, сахароза), стероидтер, май тәрізді және шайырлы заттар бар. Талдау нәтижелері пайыздық мөлшермен төменде көрсетілген (сурет 1).



Сурет 1 – Өсімдік шикізаттарында фенолды қосылыстардың таралуы

Зерттеудегі тәжірибелерге сүйенсек, тағам өнімдерін бояу үшін қолданылатын сығындыларды алу үшін экстракция сумен, қышқылдардың немесе сілтілердің әлсіз ерітінділерімен, алкогольмен немесе су – алкоголь ерітінділерімен жүзеге асырылады. Тәжірибелер көрсеткендей, фенолды қосылыстардың қарқынды боялған сығындыларын алудың оңтайлы шарттары шикізат пен еріткіштің 1:3 арақатынасы және 1:5 арақатынасында 20-30 минут ішінде кері тоңазытқышпен колбада қайнатылған кезде (шайқурай мен дәрілік бақбақ) және 40-60 минут (айва ағашы, мия тамыры, рауғаш тамыры, жылқы қымыздығы) болып табылды. Зерттелетін өсімдіктердің фенолдық қосылыстары суда жақсы ериді және олардың негізгі бөлігі 20-30 минут ішінде алынады. Экстракция кезінде көбіне үнемді және қауіпсіз еріткіш суды қолдаған дұрыс деп табылған [4].

Зерттеу бойынша табиғи фенолды бояғыштарды көп мөлшерде шайқурай және жылқы қымыздығынан алу мүмкіндігі бар. Төменде Қазақстандағы бұл өсімдіктердің (шайқурай және жылқы қымыздығы) ерекшеліктерін, таралуын қарастырдық.

**Шайқурай** бір және көп жылдық өсімдік. Орыстар бұл өсімдікті «тоқсан тоғыз аурудың емі» деп атаған. Дүние жүзінде қоңыржай, субтропиктік және тропиктік аймақтарда өсетін 300 – 400-дей түрі кездеседі. Қазақстанда шабындықта, қыратты жерлерде, өзен-көл жағалауларында, қиыршық тасты тау баурайында және орман шетінде өсетін 7 түрі бар. Шайқурайдың құрамында эфир майы, флавоноидтар (рутин, кверцитин, гиперозид), шайырлар, илік заттар, гиперин, никотин және аскорбин қышқылы, Р және РР дәрумендері, холин, сапонин және басқа да қосылыстары бар. Шайқурайды тыныс органдары ауруларына, бауырға тас байланғанда, іш өткенде, қуықтың қызметі бұзылғанда, әйелдердің жыныс аурулары кезінде, кейбір қабыну процестерінде, іріңді ісіктерге, жараға, шиканға қарсы пайдаланады. Халық медицинасында Шайқурайды қан тоқтату, іш өтуді емдеу үшін қолданады.

**Жылқы қымыздығы** өсімдігінің дәрілік және өнеркәсіптік маңызы бар. Жылқы қымыздығы біздің елімізде Батыс Қазақстанның тау қыраттарында, Тобыл, Есіл, Ертіс өзендерінің бойында, Семей, Көкшетау, Ақтөбе, Мұғаджар, Торғай, Батыс Сарыарқада, Қарқаралы, Зайсан, Алтайда кездеседі. Өсімдік шикізатын көп қоспаларға қосып, асқазанның

қабынуы, геморрой, қуық, бүйрек, қотыр ауруларын емдеуге қолданады. Тамырында көмірсулар, органикалық қышқылдар мен олардың тұзы – қымыздық, алма, лимон қышқылдары, эфир майы, сапониндер, алкалоидтар, К дәрумені, фенолдар, катехиндер, илік заттар 4,6-16,9%, флавоноидтар, антоциандар 5%, лейкоантоциандар, тамырсабағында К дәрумені, илік заттар 6,6 – 15%, антрахинондар 2,7 – 3,1% бар. Өсімдік бөліктерінде фенолкарбон қышқылы – кофеин, флавоноидтар 8,15%, гиперин, рутин 1,5%, антрахинондар – хризофанол, эмодин, фисцион, сабағында илік заттар 1,57%, жапырағында органикалық қышқылдар және олардың тұздары, С, К, РР дәрумендері, каротин, илік заттар 2-7%, флавоноидтар – рутин, гүлінде С дәрумені, илік заттар 8,25%, флавоноидтар – рутин 2,5%, жемісінде органикалық қышқылдар және олардың тұздары, эфир майы, С.К дәрумендері, каротин, антрахинондар, катехиндер – галлокатехин, эпигаллока-техин, илік заттар 6-7,3%, флавоноидтар 1,6%, кверцетин, ретин, антрахинондар 1,08-1,22%, хризофанол, хризофансин, хош иісті қосылыстар анықталды.Елімізде өсетін жылқы қымыздығы өсімдігінің химиялық құрамы көрсетілген (кесте 1).

Кесте 1 – Жылқы қымыздығы өсімдігінің химиялық құрамы

Тамырында	Көмірсулар, қымыздық, алма, лимон қышқылдары, эфир майы, сапониндер, алкалоидтар, К дәрумені, иілік заттар 16,9%, флаваноидтар 8,15%, антоциандар 5%, лейкоантоциандар
Тамырсабағында	К дәрумені, иілік заттар 15%, антрохинондар 3,1%
Өсімдік бөлігінде	Кофеин, флавоноидтар 8,15%,% гиперин, рутин 1,5%, антрохинондар
Жапырағында	Органикалық қышқылдар,эфир майы, С,К,РР дәрумендері,каротин, иілік заттар 7%, флаваноидтар
Гүлінде	С дәрумені, иілік заттар 8,25%, флаваноидтар 2,5%
Жемісінде	Органикалық қышқылдар, эфир майы,С,К дәрумені, каротин, антрохинондар, катехиндер, иілік заттар 7,3%,флаваноидтар 1,6%,кварцетин, ретин антрахинондар 1,22%, хризофансин, хош иісті қосылыстар

Табиғи жолмен алынған фенолды бояғыштар органолептикалық және физика-химиялық қасиеттерін зерттеу барысында, олардың табиғи тағамдық бояғыштарға қойылатын талаптарды қанағаттандырады:

1. Өсімдіктерден алынған табиғи фенолды бояғыш заттардың мөлшері 72 Г/л-ға дейін болатыны анықталды, бұл қазіргі қолданыстағыдан жоғары табиғи тағамдық бояғыштар болып табылады. Яғни, бөлінген фенолды қосылыстардың сығындылары бояғыш заттардың жеткілікті мөлшеріне ие.

2. Бөлінген фенолды қосылыстардың сығындылары, іс жүзінде улы емес және зиянсыз.

3. Оларда ащы, күйдіргіш дәм жоқ.

4. Алынған бояғыштардың түсі бейтарап, аздап қышқыл және сілтілі ортада тұрақты.

5. Сақтау кезіндегі түсі тұрақты.

6. Оқшауланған сығындылардың құрамдас бөліктері (флавоноидтар, катехиндер, фенол көмірқышқылдары, антрацен туындылары) биологиялық белсенді заттар болып табылады және оларды тағамдық бояғыштар ретінде қолданумен қатар антиоксидант ретінде қолдануға болады.

### Қорытынды

Тағам өнімдерін өндіруде өсімдіктерден алынатын табиғи фенолды бояғыштарды қолданса, өндірілген тағам өнімдері табиғи әрі адам ағзасына қауіпсіз бояғыш алуға мүмкіндік береді ,өйткені табиғи фенолды бояғыштар - биологиялық активті, өнімге тек қана түс беріп қана қоймай, сонымен қатар, оларды биологиялық белсенді заттармен (витаминдер, гликозидтер, органикалық қышқылдар, микроэлементтер) байытуға мүмкіндік береді.

Сонымен, біздің елімізде табиғи фенолды бояғыш алуға болатын өсімдіктердің бірнеше түрі бар екендігі анықталды. Соның ішінде мен жылқы қымыздығына ерекше назар аударып отырмын. Біздің еліміздегі жылқы қымыздығы өсімдігінің құрамы бояғыш заттарға, дәрумендерге бай. Алдағы уақытта Қазақстандағы өсімдіктерден жоғары мөлшерде табиғи фенолды бояғыш алудың жаңа, тиімді технологиясын әзірлеу сонымен қатар, оны тағам

өндірісінде қауіпсіз бояғыш ретінде қолдану мақсатында зерттеу жұмыстарын жүргізу қолға алынуда.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Берлова Г.А. Британия агитирует Европу отказаться от красителей / Г.А. Берлова // Все о мясе. – 2008. – № 4. – С. 51-53.
2. Архипова А.Н. Пищевые красители, их свойства и применение/ А.Н. Архипова // Пищевая промышленность. – 2000. – № 4. – С. 66-69.
3. Колмакова Н.С. Последние исследования в области безопасности синтетических красителей и тенденции развития рынка/ Н.С.Колмакова // Пищевая промышленность. – 2008. – № 11. – С. 56-57.
4. Мирзорахимов К.К. Пищевые добавки на основе растительного сырья: дис.....докт.тех.наук: 05.18.01 / Мирзорахимов Курбонали Каримович; Техн-ий унив-т: Душанбе. – 2023. – 136 с.
5. Аляхнович Н.С. Красители в лекарствах и пищевых продуктах как потенциальные иммуномодуляторы / Н.С. Аляхнович, Д.К. Новиков // Медицинская иммунология. – 2019. – Т.21, № 2. – С. 313-322.
6. Коренская И.И. Биологически активные вещества, входящие в состав растительного сырья / И.И. Коренская, И.П. Иванова, О.А. Колосова и др. // Воронеж, ВГУ, 2010. – С. 66.
7. Тутельян В.А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Фенольные кислоты: распространенность, пищевые источники, биодоступность / В.А. Тутельян, Н.В. Лашнева // Вопросы питания. – 2008. – Т. 77, № 1. – С. 4-19.
8. Донченко Л.В. Пищевая химия. Добавки / Л.В. Донченко, Н.В. Сокол, Е.В. Щербакоева, Е.А. Красноселова. – Москва: Издательство Юрайт. 2018. – 223 с.
9. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М., ДеЛи принт, 2007. – 539 с.
10. Лобанова А.А. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / А.А. Лобанова, В.В. Будаева, Г.В. Сакович // Химия растительного сырья. – 2004. – № 1. – С. 47-52.

#### References

1. Berlova G.A. Britaniya agitiruet Evropu otkazat'sya ot krasitelei / G.A. Berlova // Vse o myase. – 2008. – № 4. – С. 51-53. (In Russian).
2. Arkhipova A.N. Pishchevye krasiteli, ikh svoistva i primeneniye/ A.N. Arkhipova // Pishchevaya promyshlennost'. – 2000. – № 4. – S. 66-69. (In Russian).
3. Kolmakova N.S. Poslednie issledovaniya v oblasti bezopasnosti sinteticheskikh krasitelei i tendentsii razvitiya rynka/ N.S.Kolmakova // Pishchevaya promyshlennost'. – 2008. – № 11. – S. 56-57. (In Russian).
4. Mirzorakhimov K.K. Pishchevye dobavki na osnove rastitel'nogo syr'ya: diS.....dokt.tekh.nauk: 05.18.01 / Mirzorakhimov Kurbonali Karimovich; Tekhn-ii univ-t: Dushanbe. – 2023. – 136 s. (In Russian).
5. Alyakhnovich N.S. Krasiteli v lekarstvakh i pishchevykh produktakh kak potentsial'nye immunomodulyatory / N.S. Alyakhnovich, D.K. Novikov // Meditsinskaya immunologiya. – 2019. – Т.21, № 2. – S. 313-322. (In Russian).
6. Korenskaya I.I. Biologicheskii aktivnyye veshchestva, vkhodyashchie v sostav rastitel'nogo syr'ya / I.I. Korenskaya, I.P. Ivanova, O.A. Kolosova i dr. // Voronezh, VGU, 2010. – S. 66. (In Russian).
7. Tutel'yan V.A. Biologicheskii aktivnyye veshchestva rastitel'nogo proiskhozhdeniya. Fenol'nye kisloty: rasprostranennost', pishchevye istochniki, biodostupnost' / V.A. Tutel'yan, N.V. Lashneva // Voprosy pitaniya. – 2008. – Т. 77, № 1. – S. 4-19. (In Russian).
8. Donchenko L.V. Pishchevaya khimiya. Dobavki / L.V. Donchenko, N.V. Sokol, E.V. Shcherbakoeva, E.A. Krosnoselova. – Moskva: Izdatel'stvo Yurait. 2018. – 223 s. (In Russian).
9. Donchenko L.V. Bezopasnost' pishchevoi produktsii / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. M., DELI print, 2007. – 539 s. (In Russian).
10. Lobanova A.A. Issledovanie biologicheskii aktivnykh flavonoidov v ehkstraktakh iz rastitel'nogo syr'ya / A.A. Lobanova, V.V. Budaeva, G.V. Sakovich // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2004. – № 1. – S. 47-52. (In Russian).

**А. Азаматқызы\*, А. А. Желдыбаева, Қ. Р. Қырықбай, Е.Қ. Қожкенова**  
Алматынський Технологический Университет  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Фурката 384/4  
\*e-mail: azamatyzy02@mail.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ФЕНОЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ БЕЗОПАСНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

*Важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения высококачественными продуктами питания, обеспечивающими все физиологические потребности человека, способствующие его здоровью, долголетию и трудоспособности. В настоящее время цвет считается одним из основных показателей качества пищи. В статье представлен обзор отечественной и зарубежной литературы, включающий сведения о современных методах получения натуральных фенольных красящих пигментов из растений и их отходов пищевой промышленности. Отмечается, что натуральные красители, полученные из растений, способны не только придать цвет пищевым продуктам, но и обогатить их биологически активными веществами, повысить пищевую ценность, продлить пригодность продукта. Было отмечено, что производство натуральных фенольных красителей требует особого подхода, совершенствования технологий и производственных процессов. Большая и важная группа пищевых красителей-это красители, состоящие из натуральных фенольных соединений. Фенольные соединения накапливаются во всех растениях. Среди них флавоноиды (антоцианы, флавонолы и флавоны, халконы и ауроны), а также производные нафтохинона и антрахинона обладают красящими свойствами. Природные фенольные соединения обладают антисептическими, антиоксидантными, кардиотоническими, кардиотропными, спазмолитическими, гипотензивными, гепатопротекторными, кровоостанавливающими свойствами. Эти свойства приводят к широкому использованию фенольных соединений в медицине и биологии, а также в пищевой промышленности. Исследования в области натуральных красителей и их безопасности имеют важное общественное и экономическое значение, направленное на создание безопасных, натуральных и высококачественных продуктов в ответ на современные требования рынка.*

**Ключевые слова:** пищевая промышленность, натуральные красители, фенольные соединения, растения, химический состав.

**A. Azamatkyzy\*, A.A. Zheldybayeva, K.R. Kyrykbay, E.K. Kozhkenova**  
Almaty Technological University,  
050012, Furkata Street 384/4, Almaty, Republic of Kazakhstan  
\*e-mail: azamatyzy02@mail.ru

## **USE OF NATURAL PHENOLIC DYES FROM PLANTS AS SAFE DYES IN FOOD PRODUCTION**

*The most important task of the food industry is to provide the population with high-quality food products that meet all the physiological needs of a person, contributing to health, longevity and working capacity. Currently, color is considered one of the main indicators of food quality. The article contains a review of domestic and foreign literature, which contains information on modern methods of obtaining natural phenolic coloring pigments from plants and its waste products in the food industry. It is noted that natural dyes obtained from plants can give food products not only color, but also enrich them with biologically active substances, increase their nutritional value, prolong the suitability of products. It is noted that the production of natural phenolic dyes requires a special approach, improvement of technologies and production processes. A large and important group of food dyes are dyes that consist of natural phenolic compounds. Phenolic compounds accumulate in all plants. Among them, flavonoids (anthocyanins, flavonols and flavones, chalcones and aurones), as well as naphthoquinone and anthraquinone derivatives, have coloring properties. Natural phenolic compounds have antiseptic, antioxidant, cardiotonic, cardiotropic, antispasmodic, hypotensive, hepatoprotective, hemostatic properties. These properties lead to the widespread use of phenolic compounds in medicine and biology, as well as in the food industry. Research in the field of natural dyes and their safety is of significant public and economic importance, aimed at creating safe, natural and high-quality products in response to modern market requirements.*

**Key words:** Food industry, natural dyes, phenolic compounds, plants, chemical composition.



#### Авторлар туралы мәліметтер

**Аружан Азаматқызы\*** – «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: azamatyzy02@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6555-9628>.

**Айнур Амангельдиновна Жельдыбаева** – Химия ғылымдарының кандидаты; «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының профессоры; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: runia\_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-4177>.

**Қарлығаш Рақымжанқызы Қырықбай** – «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

**Еркежан Қайрханқызы Қожкенова** – «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының магистранты; Алматы Технологиялық Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: erkezhhan.24.12@mai.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2198-8494>.

#### Сведения об авторах

**Аружан Азаматқызы\*** – магистрант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: azamatyzy02@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6555-9628>.

**Айнур Амангельдиновна Жельдыбаева** – кандидат химических наук; профессор кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: runia\_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6555-9628>.

**Қарлығаш Рақымжанқызы Қырықбай** – магистрант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

**Еркежан Қайрханқызы Қожкенова** – магистрант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: erkezhhan.24.12@mai.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2198-8494>.

#### Information about the authors

**Aruzhan Azamatkyzy\*** – Master student of the Department «Safety and Quality of food products»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: azamatyzy02@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6555-9628>.

**Ainur Amangeldinova Zheldybayeva** – Candidate of Chemical Sciences; Professor of the Department of Food Safety and Quality; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: runia\_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6555-9628>.

**Karlygash Rakymzhankyzy Kyrykbai** – Master student of the Department of Food Safety and Quality; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

**Erkezhhan Kairkhankyzy Kozhkenova** – Master student of the Department «Safety and Quality of food products»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: erkezhhan.24.12@mai.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2198-8494>.

*Редакцияға енуі 15.02.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 19.03.2024*

*Жариялауға қабылданды 20.03.2024*

**Д.А. Акимова<sup>1,2\*</sup>, А.К. Какимов<sup>1</sup>, Ж.С. Есимбеков<sup>2</sup>, Е.С. Жарыкбасов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Байтурсынова 29

\*e-mail: akdilife@mail.ru

## **ПЕРЕРАБОТКА МАЛОЦЕННЫХ СУБПРОДУКТОВ ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ**

**Аннотация:** Переработка малоценных субпродуктов в совокупности с биотехнологическими способами обработки, является оптимальным решением проблемы рационального использования вторичного сырья продуктов производства птицы. В данной работе приведены результаты исследования паштета, содержащий белково-минеральную добавку (БМД) из куриных ног и голов. Рассмотрены различные виды механической, кислотной и термической обработки куриных голов и ног. Изучен химический состав куриных голов и ножек без обработки и после обработки органическими кислотами и ферментами. Обработка куриных голов и ножек различными органическими кислотами и пепсином приводит к значительному повышению доли влаги, снижению содержания белка. Значительная разница в содержании белка объясняется воздействием реагентов на ослабление и разрыв связей между белковыми веществами, белково-жировыми образованиями, тем самым вымывая часть белковых составляющих. Обработка аскорбиновой кислотой приводит к наименьшим потерям содержания белка. Обработка фарша куриных голов и ножек различными реагентами значительно сказывается на изменении ПНС в сторону его уменьшения. Значения ПНС фарша куриных ножек намного выше показателей ПНС фарша куриных голов. Такая разница объясняется прежде всего составом и строением куриных ножек. В куриных ножках преобладают хрящевые и соединительные ткани, что придает упругость, жесткость и эластичность. После обработки различными реагентами ПНС значительно снижается. Обоснована наиболее оптимальная технология получения белково-минеральной добавки из куриных голов и ножек. Проведены исследования, направленные на изучение химического состава, функционально-технологических свойств и структурно-механических характеристик белково-минеральной массы. В результате исследования разработаны технологии приготовления паштета из курицы с использованием белково-минеральной добавки. Изучены пищевая ценность и показатели пищевой безопасности полученного паштета.

**Ключевые слова:** куриные головы, куриные ножки, белково-минеральная добавка, фаршевые композиции, мясные консервы.

### **Введение**

Производство мяса птицы и его потребление ежегодно растет в Республике Казахстан [1]. Особый научно-практический интерес представляет внедрение на предприятиях современных технологии производства мясных продуктов, основанных на принципах ресурсосберегающих технологий, связанных с организацией глубокой переработки белоксодержащего сырья. На сегодняшний день в нашей республике насчитывается около 56 птицефабрик. Основные производители мяса птицы в Алматинской области производят 31% (от общего производства мяса птицы) – 88,3 тыс. тонн основной рост у АО «Алель Агро», АО «Алатау Құс», ТОО «OTAN Green Food»; 33,3% производит Акмолинская область – предприятия ТОО «Макинская птицефабрика», ТОО «CAPITAL PROJECTS LTD». 18% ВКО на птицефабриках АО «Усть-Каменогорская Птицефабрика», ТОО «Прииртышская бройлерная птицефабрика», ТОО «Восток Бройлер» [2]. С увеличением доли выхода мяса увеличивается и количество вторичных продуктов убоя птицы [3]. Эффективное использование этих побочных продуктов для производства мясных продуктов с добавленной стоимостью – один из способов получения максимальной отдачи от птицеводства [4].

Куриные головы и ноги практически не перерабатываются на предприятиях, реализуются в торговые сети как корм для домашних животных. Богатый минеральный состав

куриных голов и ног связан наличием костных и хрящевых тканей. Белковая часть в основном состоит из коллагена и эластина. Коллаген, может иметь положительное влияние на активность суставов и способствовать более быстрому восстановлению поврежденных частей суставов [5].

Обладая некоторыми преимущественными показателями по химическому составу, актуальным становится рациональная переработка вторичных продуктов для пищевых целей. Куриные головы и ножки подвергаются различным способам обработки для получения конечного продукта с улучшенными технологическими свойствами.

Целью является разработка технологии рациональной переработки вторичного сырья продуктов птицы с использованием механических и биотехнологических способов воздействия для получения белково-минеральной добавки и его использования в производстве мясосодержащих комбинированных консервов.

### **Материалы и методы**

Объекты исследований: вторичные продукты убоя птицы (куриные головы и ноги), белково-минеральная добавка, фаршевые композиции, мясные консервы.

Для определения химического состава куриных голов и ножек был использован метод одной навески. Этот метод позволяет последовательно определить содержание влаги, жира, золы и белка в одной исследуемой пробе [6]. Методом прессования определяли влагосвязывающую способность, предельное напряжение сдвига - методом пенетрации. Активность кислотности (рН) среды измерялась с использованием потенциометрического метода на рН-метре-340, где два электрода погружались в раствор для фиксации значения рН на шкале прибора. Статистический анализ был выполнен с использованием программных пакетов Statistica 6.0 и Excel 2007.

С целью рациональной переработки куриных голов и ножек, и их использования в производстве мясных продуктов нами проведены эксперименты по исследованию влияния различных органических кислот и пепсина на химический состав и влагосвязывающую способность измельченных куриных ножек и голов.

На начальном этапе промывали куриные головы и ножки, срезали клювы и когти, очищали от оперения. Далее, измельчали на мясорубке МИМ-300 с диаметром решетки 5 мм. После полученный фарш измельчался на коллоидной мельнице с зазором между ножами 0,1 мм.

Для получения тонкоизмельченного фарша куриных голов и ног использовали установку для тонкого измельчения с зазором между ножами менее 0,1 мм. Полученный тонкоизмельченный фарш выдерживали в растворе органических кислот и пепсина в соотношении 1:1 до 24 ч. В качестве органических кислот были приготовлены 10% раствор аскорбиновой кислоты, 10% раствор лимонной кислоты, 6% раствор уксусной кислоты. Дополнительно к кислотам, часть фарша куриных голов и ножек погружали в 10% раствор фермента пепсин. Образцы выдерживались в течение 24 ч, при этом в процессе выдержки через 3 ч, 6 ч, 12 ч и 24 ч отбирались пробы для анализа ВСС и ПНС.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Было проведено исследование, в ходе которого был изучен химический состав куриных голов и ножек без обработки и после обработки органическими кислотами и ферментами. Обработка куриных голов и ножек различными органическими кислотами и пепсином приводит к значительному повышению доли влаги. Это объясняется, прежде всего, из-за водного раствора в котором происходит обработка, вследствие чего повышается влажность образца. Среди обработанных образцов самое высокое содержание влаги зафиксировано при обработке 6% уксусной кислотой. Так, без обработки влажность куриных голов составляла 70,9%, тогда как после обработки уксусной кислотой содержание влаги составило 84,6%. Такая же тенденция наблюдается для куриных ножек.

Изменения химического состава после обработки кислотами и пепсином куриных голов и ножек представлены в таблицах 1, 2. Обработка кислотами и пепсином снижает содержание белка в куриных головах и ножках. Значительная разница в содержании белка объясняется воздействием реагентов на ослабление и разрыв связей между белковыми веществами, белково-жировыми образованиями, тем самым вымывая часть белковых составляющих.

Кроме того, изменение рН под воздействием различных кислот приводит к повышению гидратации белков [8]. Обработка аскорбиновой кислотой приводит к наименьшим потерям содержания белка.

Таблица 1 – Химический состав куриных голов в зависимости от способа обработки, %

Сырье	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Зола, %
Фарш куриных голов БО	70,9±1,06	17,8±0,25	7,7±0,12	3,6±0,03
Фарш куриных голов П	79,0±1,21*	12,9±0,30**	3,5±0,05**	4,5±0,04**
Фарш куриных голов АК	78,8±1,52*	15,7±0,34*	3,3±0,06**	2,2±0,02**
Фарш куриных голов ЛК	77,7±1,10*	13,5±0,17**	7,0±0,09*	1,9±0,02**
Фарш куриных голов УК	84,6±1,23**	8,3±0,12**	5,2±0,08**	2,0±0,02**

БО – без обработки; П – пепсин; АК – аскорбиновая кислота; ЛК – лимонная кислота; УК – уксусная кислота; \*P<0.01; \*\*P<0.001

Таблица 2 – Химический состав куриных ножек в зависимости от способа обработки, %

Сырье	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Зола, %
Фарш куриных ножек БО	61,1±0,39	25,2±0,47	8,2±0,15	5,5±0,07
Фарш куриных ножек П	73,1±1,31**	15,8±0,26**	5,4±0,10**	5,6±0,09
Фарш куриных ножек АК	74,6±1,03**	19,3±0,31**	2,8±0,05**	3,3±0,06**
Фарш куриных ножек ЛК	75,4±0,66**	18,9±0,38**	2,3±0,04**	3,3±0,04**
Фарш куриных ножек УК	82,1±1,06**	10,9±0,11**	4,3±0,06**	2,7±0,03**

БО – без обработки; П – пепсин; АК – аскорбиновая кислота; ЛК – лимонная кислота; УК – уксусная кислота; \*P<0.01; \*\*P<0.001

Влагосвязывающая способность (ВСС) исследовали после разной продолжительности обработки (3 ч, 6 ч, 12 ч, 24 ч). ВСС куриных голов без обработки составила 35,2%. Результаты выявили значительное различие ВСС после обработки. Так, после 3 ч обработки ВСС куриных голов увеличилась в два раза после обработки лимонной, аскорбиновой и уксусной кислотами (рис. 1).

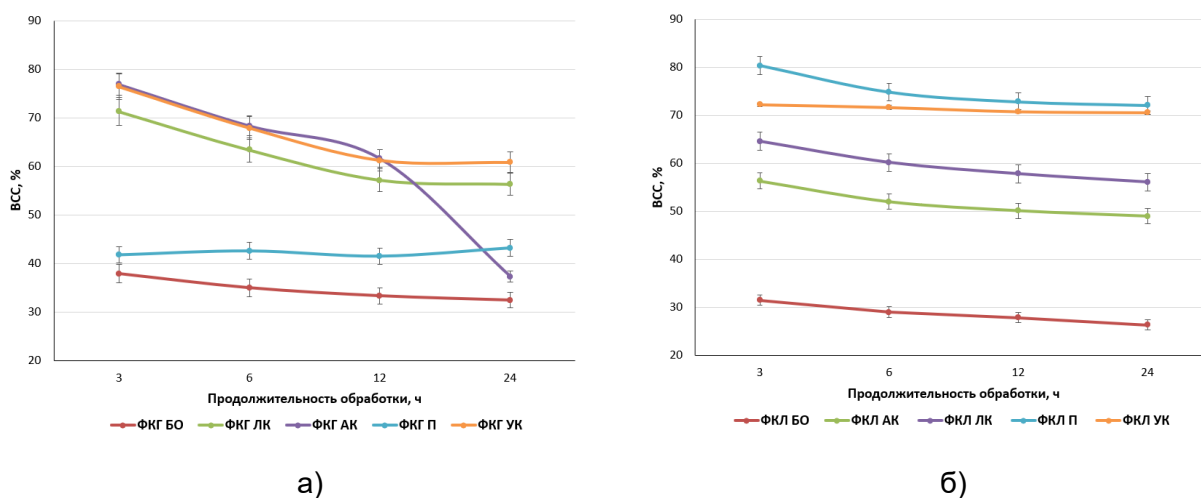


Рисунок 1 – Изменение ВСС куриных голов и ножек в зависимости от продолжительности обработки: а) фарш куриных голов; б) фарш куриных ножек

Обработка пепсином незначительно повысила ВСС. Дальнейшая обработка приводит к снижению показателей ВСС. ВСС фарша куриных голов при различных способах обработки намного выше, чем без обработки. Наиболее высокий показатель ВСС после 3 ч обработки зафиксирован в образце, обработанный пепсином (80,3%), наименьший в образце, обработанный раствором лимонной кислоты (56,4%). Так же, наблюдается тенденция снижения ВСС после 3 ч обработки у образцов фарша куриных ножек и голов.

Обработка фарша куриных голов и ножек различными реагентами значительно сказывается на изменении ПНС в сторону его уменьшения. Значения ПНС фарша куриных

ножек намного выше показателей ПНС фарша куриных голов. Такая разница объясняется прежде всего составом и строением куриных ножек. В куриных ножках преобладают хрящевые и соединительные ткани, что придает упругость, жесткость и эластичность. ПНС фарша куриных ножек без обработки составило 436,8 Па, куриных голов 189,0 Па. После обработки различными реагентами ПНС значительно снижается, данные отражены в Таблице 3.

Таблица 3 – Показатели ПНС фаршей куриных голов и ножек в зависимости от способа обработки, Па

Реагент	Фарш куриных голов	Фарш куриных ножек
БО	189,0	436,8
П	132,2	205,1
АК	161,6	264,1
ЛК	163,8	233,6
УК	109,3	179,5

БО – без обработки; П – пепсин; АК – аскорбиновая кислота; ЛК – лимонная кислота; УК – уксусная кислота

Самое максимальное снижение зафиксировано после обработки уксусной кислотой. Обработка аскорбиновой и лимонной кислотами фаршей куриных голов и ножек приводит к наименьшему снижению ПНС. Обработка вторичных продуктов птицеводства органическими кислотами способствует удалению из сырья неколлагеновых белков и разрыхлению структуры, что улучшает структурно-механические свойства сырья.

Процесс получения белково-минеральной добавки из куриных голов и ножек включает в себя очистку куриных голов и ножек, измельчение на мясорубке с диаметром решетки 5 мм. После полученный фарш измельчался на коллоидной мельнице с зазором между ножами 0,1 мм. Полученный тонкоизмельченный фарш погружали в 10% раствор аскорбиновой кислоты в соотношении 1:1. Образцы выдерживались в течение 3-6 часов при температуре (+6) – (+8) °С. После выдержки излишний остаток раствора сливался. Белково-минеральная добавка в виде тонкоизмельченной массы содержит до 17,5% белка, 3,05% жира и 2,75% золы.

Разработаны способы получения паштета из мяса курицы с добавлением белково-минеральной добавки. Основные ингредиенты: мясо курицы, куриная печень, белково-минеральная добавка из куриных голов и ножек, говяжий жир, лук, крахмал.

По химическому составу в паштете с добавлением белково-минеральной добавки содержится белка 19,53 г/100г, жира 16,4 г/100г, углеводов 10,13 г/100г, золы 1,67 г/100г. Из минеральных веществ в значительном количестве содержится кальций (56 мг/100г) и железа (12,7 мг/100г). Повышенное содержание данных минеральных веществ обусловлено включением в рецептуру белково-минеральной добавки в виде порошка из куриных голов и ножек. По показателям пищевой безопасности в паштете из мяса птицы с добавлением белково-минеральной добавки не обнаружены пестициды, антибиотики и токсичные вещества. Из радионуклидов содержание цезия-137 составило 6,8 Бк/кг, стронция-90 составило 5,5 Бк/кг, что значительно ниже ПДК.

### Выводы

Разработаны способы получения белково-минеральной массы из отходов птицеводства. Эти способы направлены на максимальное использование вторичных продуктов убоя птицы и получение ценных пищевых компонентов, путем тонкого измельчения куриных ножек и голов, обработке органическими кислотами. Проведены исследования, направленные на изучение химического состава, функционально-технологических свойств и структурно-механических характеристик белково-минеральной массы. В ходе исследований установлено, что обработка раствором аскорбиновой кислоты обеспечивает оптимальные показатели химического состава, влагосвязывающей способности и ПНС фарша куриных голов и ножек. Разработана технология изготовления паштета с повышенным содержанием минеральных веществ кальция и железа, обусловлено включением в рецептуру белково-минеральной добавки в виде порошка из куриных голов и ножек.

Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы BR10764970 Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы.

## Список литературы

1. Какимов А.К. Проблемы переработки продуктов птицеводства. Интеграция образования, науки и производства / А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Б.К. Кабдылжар // Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Мелеуз, 2020. – С. 58-62.
2. <http://ptica.kz/news/analiticheskij-obzor-situacii-na-rynke-pticevodcheskoj-produkcii-na-21-ijunja-2021-goda>.
3. Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté / Z. Yessimbekov, A. Kakimov, N. Caporaso et al // Foods. – 2021. – № 10. – P. 2042. <https://doi.org/10.3390/foods100920424>.
4. The influence of brood chickens by-products processing with probiotic culture starter on change of their functional and technological parameters / O.V. Zinina, S.P. Merenkova, K.S. Gavrilova et al // Theory and practice of meat processing. – 2021. – № 6(3). – P. 210-218. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-3-210-218>.
5. Овсеец, В.Ю. Применение малоценных продуктов переработки птицы в производстве вареных колбас / В.Ю. Овсеец // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XXIV Международной научно-практической конференции (Гродно, 23 марта, 14 мая 2021 года) / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО "Гродненский государственный аграрный университет". – Гродно: ГГАУ, 2021. – С. 378-380
6. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов – М.: Колос, 2001. – 376 с.
7. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 14 июля 2021 года) Технический регламент Таможенного союза от 09.12.2011, № 021/2011.
8. Макарова Н.В. Теоретические основы технологии общественного питания / Н.В. Макарова // Самара: Самарский государственный технический университет. – 2015.
9. Пат. KZ 20759, Казахстан, МПК A23L 1/315, A23L 1/314. Способ производства структурообразователя для получения мясных продуктов / Тулеуов Е.Т., Нам В.И., Казиханова С.Р., Каймбаева Л.А.; заявитель и патентообладатель Республиканское государственное казенное предприятие «Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова» МОН РК (KZ); Оpubл. 16.02.2009.
10. Пат. KZ 25845, Казахстан, МПК A23J 1/02, A23L 1/317. Способ получения белкового обогатителя мясных продуктов / Тулеуов Е.Т., Рахимова С.М., Туменов С.Н., Туменова Г.Т., Рахимова С.М.; Оpubл. 16.07.2012.
11. Пат. RU 2 226 841С1 Российская федерация, МПК А 23 J 3/34, 3/04, 1/10. Способ получения белковой пищевой добавки / Антипова Л.В., Осминин О.С., Шамханова Ч.Ю., Струкова Т.И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение Воронежская технологическая академия; Оpubл. 20.04.2004.

## References

1. Kakimov A.K. Problemy pererabotki produktov pitsevodstva. Integratsiya obrazovaniya, nauki i proizvodstva / A.K. Kakimov, Zh.S. Esimbekov, B.K. Kabdylzhar // Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Meleuz, 2020. – С. 58-62. (in Russian).
2. <http://ptica.kz/news/analiticheskij-obzor-situacii-na-rynke-pticevodcheskoj-produkcii-na-21-ijunja-2021-goda>. (in Russian).
3. Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté / Z. Yessimbekov, A. Kakimov, N. Caporaso et al // Foods. – 2021. – № 10. – R. 2042. <https://doi.org/10.3390/foods100920424>. (in English).
4. The influence of brood chickens by-products processing with probiotic culture starter on change of their functional and technological parameters / O.V. Zinina, S.P. Merenkova, K.S. Gavrilova et al // Theory and practice of meat processing. – 2021. – № 6(3). – R. 210-218. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-3-210-218>. (in English).
5. Ovseets, V.YU. Primenenie malotsennykh produktov pererabotki ptitsy v proizvodstve varenykh kolbas / V.YU. Ovseets // Sovremennye tekhnologii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: sb. nauch. st. po materialam XXIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Grodno, 23

marta, 14 maya 2021 goda) / Ministerstvo sel'skogo khozyaistva i prodovol'stviya Respubliki Belarus', UO "Grodnenskiy gosudarstvennyi agrarniy universitet". – Grodno : GGAU, 2021. – S. 378-380 (in Russian).

6. Antipova L.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov – M.: Kolos, 2001. – 376 s. (in Russian).

7. TR TS 021/2011 Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoi produktsii» (s izmeneniyami na 14 iyulya 2021 goda) Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011, № 021/2011. (in Russian).

8. Makarova N.V. Teoreticheskie osnovy tekhnologii obshchestvennogo pitaniya / N.V. Makarova // Samara: Samarskiy gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet. – 2015. (in Russian).

9. Pat. KZ 20759, Kazakhstan, MPK A23L 1/315, A23L 1/314. Sposob proizvodstva strukturoobrazovatelya dlya polucheniya myasnykh produktov / Tuleuov E.T., Nam V.I., Kazikhanova S.R., Kaimbaeva L.A.; zayavitel' i patentoobladatel' Respublikanskoe gosudarstvennoe kazennoe predpriyatie «Pavlodarskiy gosudarstvennyi universitet im. S. ToraigyrovA» MON RK (KZ); Opubl. 16.02.2009. (in Russian).

10. Pat. KZ 25845, Kazakhstan, MPK A23J 1/02, A23L 1/317. Sposob polucheniya belkovogo obogatitelya myasnykh produktov / Tuleuov E.T., Rakhimova S.M., Tumenov S.N., Tumenova G.T., Rakhimova S.M.; Opubl. 16.07.2012. (in Russian).

11. Pat. RU 2 226 841C1 Rossiiskaya federatsiya, MPK A 23 J 3/34, 3/04, 1/10. Sposob polucheniya belkovo-pishchevoi dobavki / Antipova L.V., Osminin O.S., Shamkhanova CH.YU., Strukova T.I.; zayavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie Voronezhskaya tekhnologicheskaya akademiya; Opubl. 20.04.2004. (in Russian).

**Д.А. Акимова<sup>1,2</sup>, А.К. Какимов<sup>1</sup>, Ж.С. Есимбеков<sup>2</sup>, Е.С. Жарыкбасов**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты (Семей филиалы), 071412,

Қазақстан Республикасы, Семей қ., Байтурсынов к-сі, 29

e-mail: akdilife@mail.ru

### **ҚҰС ӨНДЕУ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ТӨМЕН ҚҰНДЫ ҚОСАЛҚЫ ӨНІМДЕРІН АЗЫҚ-ТҮЛІК МАҚСАТТАРЫНА ҚАЙТА ӨНДЕУ**

*Төмен құнды субөнімдерді өңдеудің биотехнологиялық әдістерімен бірге өңдеу құс өндірісінің өнімдерінің қайталама шикізатын ұтымды пайдалану мәселесінің оңтайлы шешімі болып табылады. Бұл жұмыста тауықтың аяқтары мен бастарынан ақуыз-минералды қоспа (BMD) қосылған құс етінің пастасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Тауықтың бастары мен аяқтарын механикалық, қышқылдық және термиялық өңдеудің әртүрлі түрлері қарастырылады. Бастапқы кезеңде тауық бастары мен аяқтарының химиялық құрамы өңделмеген және органикалық қышқылдар мен ферменттермен өңделгеннен кейін зерттелді. Тауықтың бастары мен аяқтарын әртүрлі органикалық қышқылдармен және пепсинмен емдеу ылғалдың едәуір жоғарылауына, ақуыздың азаюына әкеледі. Ақуыз құрамындағы айтарлықтай айырмашылық реагенттердің ақуыз заттары, ақуыз-май түзілімдері арасындағы байланыстардың әлсіреуі мен үзілуіне әсер етуімен түсіндіріледі, осылайша ақуыз компоненттерінің бір бөлігін жуады. Аскорбин қышқылымен емдеу ақуыздың ең аз жоғалуына әкеледі. Тартылған тауықтың бастары мен аяқтарын әртүрлі реагенттермен өңдеу PNS-тің төмендеуіне айтарлықтай әсер етеді. Тауық етінің PNS мәндері тауық етінің PNS көрсеткіштерінен әлдеқайда жоғары. Бұл айырмашылық, ең алдымен, тауықтың аяқтарының құрамы мен құрылымына байланысты. Тауықтың аяқтарында шеміршек пен дәнекер тіндер басым болады, бұл серпімділік, қаттылық және серпімділік береді. Әр түрлі реагенттермен өңдеуден кейін PNS айтарлықтай төмендейді. Тауықтың бастары мен аяқтарынан ақуыз-минералды қоспаны алудың ең оңтайлы технологиясы негізделген. Ақуыз-минералды массаның химиялық құрамы, функционалдық-технологиялық және құрылымдық-механикалық қасиеттері зерттелді. Ақуыз-минералды қоспа қосылған тауық етінен жасалған паста рецептері мен технологиялары жасалды. Ақуыз-минералды қоспа қосылған құс етінен жасалған пастаның тағамдық құндылығы мен тағамдық қауіпсіздік көрсеткіштері зерттелді.*

**Түйін сөздер:** тауықтың бастары, тауықтың аяқтары, ақуыз-минералды қоспалар, тартылған ет композициялары, ет консервілері.

**D.A. Akimova<sup>1,2</sup>, A.K. Kakimov<sup>1</sup>, Zh.S. Yessimbekov<sup>2</sup>, Y.S. Zharykbassov**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

<sup>2</sup>Semey branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP

071412, Kazakhstan, Semey, 29 Baitursynova str.

\*e-mail: akdilife@mail.ru

## **PROCESSING OF LOW-VALUE BY-PRODUCTS OF THE POULTRY PROCESSING INDUSTRY FOR FOOD PURPOSES**

*Processing of low-value by-products in combination with biotechnological processing methods is the optimal solution to the problem of rational use of secondary raw materials of poultry products. This paper presents the results of a study of a pate containing a protein-mineral supplement (BMD) from chicken legs and heads. Various types of mechanical, acidic and thermal treatment of chicken heads and legs are considered. The chemical composition of chicken heads and legs has been studied without treatment and after treatment with organic acids and enzymes. The treatment of chicken heads and legs with various organic acids and pepsin leads to a significant increase in the proportion of moisture and a decrease in protein content. A significant difference in protein content is explained by the effect of reagents on the weakening and breaking of bonds between protein substances, protein-fat formations, thereby washing out part of the protein components. Treatment with ascorbic acid results in the least loss of protein content. The processing of minced chicken heads and legs with various reagents significantly affects the change in the PNS in the direction of its decrease. The values of the PNS of minced chicken legs are much higher than the values of the PNS of minced chicken heads. This difference is primarily due to the composition and structure of chicken legs. Cartilage and connective tissues predominate in chicken legs, which gives elasticity, rigidity and elasticity. After treatment with various reagents, the PNS is significantly reduced. The most optimal technology for obtaining a protein-mineral supplement from chicken heads and legs is substantiated. Studies have been conducted aimed at studying the chemical composition, functional and technological properties and structural and mechanical characteristics of the protein-mineral mass. As a result of the research, technologies for cooking chicken pate using a protein-mineral supplement have been developed. The nutritional value and food safety indicators of the resulting pate have been studied.*

**Key words:** chicken heads, chicken legs, protein-mineral supplement, minced compositions, canned meat.

### **Сведения об авторах**

**Динара Акимбаевна Акимова\*** – докторант кафедры «Технологии пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: akdilife@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Какимов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Жанибек Серикбекович Есимбеков** – PhD, Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Ерлан Сауыкович Жарыкбасов** – PhD, и.о. ассоц. профессора кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология» Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Акимова Динара Акимбаевна\*** – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: akdilife@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Какимов** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдық және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Жанибек Серикбекович Есимбеков** – PhD, «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Ерлан Сауыкович Жарыкбасов** – PhD, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Тамақ өнімдерінің технологиясы және биотехнологиясы» кафедрасының профессоры м.а., Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.



### Information about the authors

**Dinara Akimbaevna Akimova\*** – Doctoral student of the Department of «Food Production Technologies and Biotechnology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: akdilife@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Aitbek Kalievich Kakimov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Zhanibek Serikbekovich Yesimbekov** – PhD, Semey branch of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Republic of Kazakhstan; e-mail: ezhanibek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-9954>.

**Yerlan Sauykovich Zharykbassov** – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Production Technology and Biotechnology» Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Поступила в редакцию 08.01.2024

Принята к публикации 06.02.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-18

МРНТИ: 34.27.17



**Г.С. Альжанова<sup>1,2</sup>, С.С. Ануарбекова<sup>1</sup>, А.Е. Хасенова<sup>2</sup>, А.М. Садыков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат»,  
021500, Республика Казахстан, г. Степногорск, 9 мкр, 4

<sup>2</sup>Филиал ТОО «Национальный центр биотехнологии»,  
021500, Республика Казахстан, г. Степногорск, 6 мкр. 6

\*e-mail: gulzhan-12@mail.ru

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ В ЛИОФИЛЬНОВЫСУШЕННОМ СОСТОЯНИИ

**Аннотация:** Развитие промышленной биотехнологии базируется на использовании ресурсов таких объектов, как культуры микроорганизмов. В коллекциях культур микроорганизмов находятся на хранении штаммы, которые используются в научно-исследовательской работе и прикладных разработках. Расширение ресурсов промышленных микроорганизмов, оптимизация способов их хранения и улучшения биопродуцирующих свойств является актуальной задачей коллекции микроорганизмов. В данной работе нами был изучен максимальный показатель жизнеспособности и морфо-культуральные характеристики коллекционных культур, заложенные на хранение более 10 лет методом лиофильного высушивания. Проводилось это с целью оценки эффективности данного метода хранения и используемых защитных сред. Объектом исследования были 32 штамма различных таксономических групп бактерий, грибов, дрожжей и актиномицетов. В итоге, нами получены следующие результаты: 2 культуры не дали рост после реактивации, 30 культур соответствуют свои паспортным характеристикам и имеют показатель жизнеспособности в допустимых для промышленных культур пределах, более  $10^6$  КОЕ/мл:  $10^8$ - $10^{10}$  КОЕ/мл. Полученные данные подтверждают эффективность хранения методом лиофилизации и применяемых защитных сред на желатине, сахарозе и обезжиренном молоке. Объекты исследования могут применяться в различных сферах жизнедеятельности человека.

**Ключевые слова:** Штамм; хранение; реактивация; лиофилизация; защитные среды; коллекция; жизнеспособность.

### Введение

Для сохранения культур микроорганизмов существуют коллекции культур микроорганизмов, роль которых с годами растёт.

История развития коллекционного дела, связана с возможностью, выделять чистую культуру микроорганизмов. Первая лаборатория была основана в Праге Франтишеком Кралем (1846-1911), она стала всемирно известной как «Коллекция микроорганизмов Кральшека». Находилась эта коллекция в Праге с 1890 по 1911 годы, затем в Вене до 30-х

годов XX века. Первые коллекции служили для обучения микробиологии и демонстрации бактерий. Только после 30-х годов было оценено значение коллекций для таксономии бактерий, сохранения штаммов для исследований и как стандартных культур [1].

Коллекция в Баарне (Голландия) была основана в 1904 году. В Англии национальная коллекция типовых культур в институте Листера в Лондоне основана в 1920 году, в Америке – American Type Culture Collection в Вашингтоне – в 1925 году [1]. Известны российские коллекции, коллекция Беларуси и др. С 2001 года существует Республиканская коллекция микроорганизмов Казахстана [2]. Коллекционное дело в целом получило развитие благодаря деятельности Всемирной федерации коллекций культур (WFCC) [1].

WFCC разработано положение, согласно которому, микробные культуры, выделяемые на территории государства, являются его национальным достоянием. В связи с этим, возрастает ценность коллекций культур, так как они являются не только центром поддержания и предоставления штаммов микроорганизмов, но и хранилищем фондов микробного разнообразия страны.

В коллекциях культуры должны храниться несколькими методами во избежание потери штамма и его свойств. Более эффективными являются длительные методы хранения: криоконсервация – заморозка в условиях жидкого азота или низких температур; и лиофилизация – высушивание под вакуумом [3-6].

В статье Похиленко В.Д. с соавторами [7] детально представлены методы хранения микроорганизмов, практикуемых в международных, национальных, региональных, институтских и университетских коллекциях живых культур.

Одной из задач научной программы, выполняемой нами, является «Мониторинг профильных коллекций промышленных микроорганизмов», в связи с этим оценивали свойства коллекционных культур микроорганизмов, находящихся на хранении в наших лабораториях.

#### **Материалы и методы исследования**

Объектами исследований являются коллекционные штаммы культур микроорганизмов в количестве 32 различных бактерий, дрожжей, грибов и актиномицетов.

Для реактивации коллекционных культур посев проводили истощающим штрихом методом Гоулда, с помощью которого также проводили подсчет выросших колоний с оценкой максимального показателя жизнеспособности (ЖСП) в секторах с использованием таблицы Гоулда [8, 9].

Чистоту и морфологические признаки изучали микроскопическим методом по Граму [8, 9].

#### **Результаты исследования**

Поддержание штаммов в рабочем состоянии, сохранение их ценных свойств являются важными условиями практически любой работы с микроорганизмами – от первичного изучения до использования их в производстве различных биопрепаратов [3, 7].

Одним из способов является лиофильное высушивание.

Ллиофилизация – один из самых эффективных и экономичных методов длительного хранения, заключающийся в удалении воды из замороженных суспензий под вакуумом с использованием аппаратов для лиофилизации [10].

Микробы после длительного хранения перед использованием подлежат реактивации. Для этого их выращивают в оптимальных условиях на средах, обогащенных питательными веществами.

В качестве объекта исследований использованы коллекционные штаммы, в количестве 32, хранящиеся в лиофильновысушенном состоянии от нескольких до десятков лет (рисунок 1).

Культуры хранились в защитной среде следующего состава: желатин – 1 г.; сахароза – 10 г.; вода дистиллированная – 100 мл. (ЖСС), также молоко обезжиренное (ОСМ) для молочнокислых бактерий.

На ОСМ обычно закладывают молочнокислые бактерии, дрожжи, а остальные на ЖСС, хотя имеются литературные данные и наш опыт, подтверждающий, что ОСМ может эффективно применяться для различных групп микроорганизмов.



Рисунок 1 – Ампула с лиофильновысушенным штаммом *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* w 346 (1501) №14 (1993 г.)

Наименование исследуемых штаммов, их промышленная ценность и наименование защитной среды представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень промышленно-ценных культур микроорганизмов

Наименование штамма	Биологическая (целевая) активность штамма	Наименование защитной среды
<i>Streptococcus thermophilus</i> S-1	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Streptococcus lactis</i> №7	Гидролитический ферментный комплекс, антагонистическая активность	ОСМ
<i>Streptococcus cremoris</i> K7	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Lactobacillus plantarum</i> C-2 B-665	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> №31 ЛК	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 12a	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Lactobacillus acidophilus</i> A-2 B-679	Антагонистическая активность	ОСМ
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> S-1 B-669	Для получения этилового спирта	ЖСС
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (5) 6A K-25 Y-94	Для получения этилового спирта	ЖСС
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y-448	Для получения этилового спирта	ЖСС
<i>Bifidobacterium</i> Y-1	Антагонистическая активность, для производства препарата «Бифидумбактерин»	ЖСС
<i>Streptomyces roseoflavus</i> var. <i>rossefungini</i> 2-91	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Penicillium cyclopium</i> 1 F-84	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Bacillus subtilis</i> 720 B-18	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Bacillus polymyxa</i> ДН	Продуцент полимиксина	ЖСС
<i>Bacillus thuringiensis</i> A1	Энтомопатогенный препарат	ЖСС
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> w 346 (1501) №14	Энтомопатогенный препарат	ЖСС
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i> 620 M	Энтомопатогенный препарат	ЖСС
<i>Dietzia maris</i> MB3	Нефтедеструктор	ЖСС
<i>Bacillus licheniformis</i> 356	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Candida tropicalis</i> СК-4 Y-4	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Pseudomonas boreopolis</i> 2-3K	Нефтедеструктор	ЖСС
<i>Rizobium meliloti</i> Rh-3 B-105	Для увеличения плодородия почвы	ЖСС
<i>Sinorhizobium fredii</i> SR-1	Для увеличения плодородия почвы	ЖСС
<i>Rhizobium leguminosarum</i> Rh1	Для увеличения плодородия почвы	ЖСС
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> Z-9	Для увеличения плодородия почвы	ЖСС
<i>Bacillus megaterium</i> F-4 B-RKM0513	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Bacillus subtilis</i> S-1 B-RKM0535	Продуцент БАВ	ЖСС
<i>Propionibacterium shermanii</i> P-3 B-354	Антагонист, перспективный для сельского хозяйства	ЖСС
<i>Staphylococcus aureus</i> 436	Тест-штамм для оценки антагонистической активности	ЖСС
<i>Rhizobium pusence</i> Z-8	Для увеличения плодородия почвы	ЖСС
<i>Escherichia coli</i> um 209-P	Тест-штамм для оценки антагонистической активности	ЖСС

Реактивацию проводили общепринятым методом с посевом на селективные среды истощающим штрихом по Гоулду [8, 9]. Инкубация проводилась в соответствии с условиями для каждого штамма. Выросшие изолированные колонии подсчитывали в четырёх секторах: А, I, II, III, учитывали максимальный рост, оценивали чистоту и соответствие культурально-морфологическим признакам по росту на чашках Петри и в мазках, окрашенных по Граму [8, 9].

Для реактивации флакон с лиофилизированной сухой культурой стерильно вскрывали, медленно по стенке добавляли 1 мл. стерильной питательной жидкой среды комнатной температуры и выдерживали 30 минут в термостате при 37°C.

Далее активированные культуры пассировали в пробирке с жидкой элективной средой. Для этого 1,0 мл. реактивированных культур инокулировали в 10 мл. жидкой питательной среды.

Инкубация проводилась в соответствии с требованиями культивирования.

Далее проводили второй пассаж: 1,0 мл. свежей культуральной взвеси инокулировали в пробирку с 10 мл. питательной средой выращивания и инкубировали.

Затем проводили посев по Гоулду, в результате которого сразу проводился подсчёт колоний.

Итак, культуры микроорганизмов были реактивированы на селективных средах, соответствующих таксономическим группам и описаны их культурально-морфологические признаки.

Использовались такие питательные среды как капустный агар, МРС-агар, среда Блаурокка, картофельно-лактозная среда, МПА, среда Сабуро, среда Чапека, среда РФ-1, среда Эшби.

Хотим представить характеристики таксономических групп микроорганизмов, исследованные нами.

Например, стрептококки представляют собой непрозрачные матовые белые или бесцветные, выпуклые колонии с ровным краем и гладкой поверхностью, диаметром 1-3 мм. Грамположительные неподвижные кокки, располагающиеся в основном цепочками, встречаются парные и одиночные клетки. Диаметр клеток 1-2 мкм Спор не образуют.

Молочнокислые стрептококки представлены видами *thermophilus*, *lactis*, *cremoris*.

Бактерий рода *Lactobacillus* 4 штамма: *L. plantarum* C-2 B-665, *L. bulgaricus* №31 ЛК, *L. rhamnosus* 12a, *L. acidophilus* A-2 B-679.

На поверхности плотной питательной среды МРС колонии белые, выпуклые, гладкие с ровными краями, также встречаются с неровным изрезанным краем, неровной бугристой поверхностью, профиль колонии плоский, полупрозрачные белого цвета. Грамположительные палочки с закругленными концами, прямые, расположение одиночное, парами, редко цепочками. Спор не образуют. Характерный рост в жидкой среде.

Дрожжевые грибы на поверхности плотной питательной среды МПА с глюкозой и среды Сабуро, колонии белые, выпуклые, имеют округлую форму, края ровные, поверхность гладкая. Грамположительные специфические дрожжевые клетки различной формы.

Представлены дрожжи родами *Saccharomyces* и *Candida*.

Бациллы дают различный рост на плотных и жидких средах. Являются в основном грамположительными спорообразующими палочками, подвижны. Споры округлой или овальной формы, центрального и субтерминального расположения. Клетки располагаются одиночно, парно, скученно, цепочками.

*Bifidobacterium* Y-1 – грамположительные палочки, имеющие аморфную структуру с раздвоенными концами, похожими на букву «Y», «V» с характерным ростом на полужидких средах Блаурокк и капустно-лактозном агаре.

*Streptomyces roseoflavus* var. *rossefungini* 2-91 при росте на среде РФ-1 колонии круглые, диаметром 3-5 мм., непрозрачные, лимонно-желтые, складчатость радиальная, профиль кратерообразный, край колоний волнистый, консистенция плотная. Грамположительные ветвящиеся тонкие гифы в виде нитей.

*Penicillium cyclospium* 1 F-84 при росте на агаре Чапека зернистые, светло-голубые или зеленоватые, затем голубовато-серо-зелёные, зелёно-серые колонии. Реверс бледный или

желтоватый, затем оранжево-коричневый до пурпурного. Колонии достигают диаметра 2-3,5 см. за 7 дней, бархатистые до пучковатых. Спороношение в голубовато-зелёных или зелёных тонах. Запах резкий, плесневый. Конидии шаровидные или почти шаровидные, 2,6-3,2 мкм. в диаметре, гладкостенные.

Представители родов *Pseudomonas*, *Rizobium*, *Agrobacterium*, *Staphylococcus* также показали характеристики, соответствующие паспортным данным и определителю бактерий Берджи [11].

На рисунках 2 и 3 представлены фото с ростом штамма культуры *Lactobacillus acidophilus* A-2 на капустном агаре и штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* um. 620 M, также микроскопия мазков, выполненных по Граму.



Рисунок 2 – Рост на капустном агаре и мазок по Граму штамма *Lactobacillus acidophilus* A-2

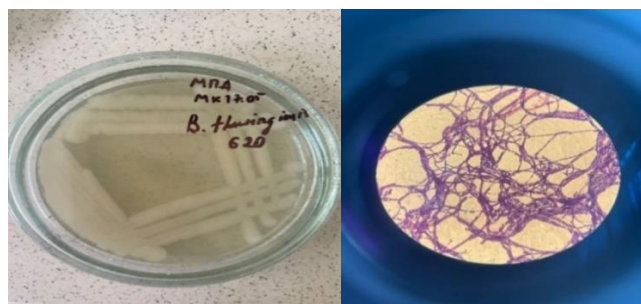


Рисунок 3 – Рост на МПА и мазок по Граму штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* um. 620 M

Итак, изученные коллекционные культуры микроорганизмов соответствуют своим паспортным данным и культурально-морфологическим характеристикам.

Лишь штаммы культур *Sinorhizobium fredii* SR-1 и *Propionibacterium shermanii* P-3 не дали рост после реактивации.

Далее оценивался максимальный показатель ЖСП 30 коллекционных культур микроорганизмов, исключая *S. fredii* SR-1 и *P. shermanii* P-3.

Результаты исследования ЖСП предоставлены в таблице 2.

Показатель ЖСП в пределах допустимого по требованиям к промышленным и коллекционным штаммам –  $10^7$ - $10^{10}$  КОЕ/мл. 1 штамм –  $10^7$  (*Lactobacillus acidophilus* A-2 В-679),  $110^{10}$  (*Streptococcus thermophilus* S-1), основную массу составляют штаммы в  $10^8$  (10 штаммов) и  $10^9$  степени (18 штаммов).

### Обсуждение

В результате мониторинга коллекционных культур, 32 штамма были подвергнуты исследованию эффективности хранения в лиофильновысушенном состоянии. Данные объекты находились на хранении от нескольких до десятков лет с использованием общепринятых эффективных защитных сред: желатино-сахарозная среда и обезжиренное стерильное молоко [12].

Культуры представлены различных таксономических групп и различного направления: для получения молочнокислых продуктов; пробиотических препаратов для медицины и животноводства; для растениеводства; для очистки почвы и т.д.

Микроорганизмы были реактивированы на соответствующих питательных средах, из 32 штаммов рост не дали 2 культуры.

Штаммы культур *Sinorhizobium fredii* SR-1 и *Propionibacterium shermanii* P-3 не дали рост после реактивации, что может свидетельствовать о не жизнеспособности культур или не эффективности защитной среды, наиболее достоверно первое предположение.

Нами установлено, что 30 штаммов коллекционных культур микроорганизмов соответствуют своим паспортным данным, видовым и родовым характеристикам.

Также полученные результаты свидетельствуют об эффективности метода хранения в лиофильновысушенном состоянии и подобранной защитной среды, так как культуры хранились на протяжении нескольких десятков лет. Об этом свидетельствуют цифры жизнеспособных клеток: более  $10^6$  КОЕ/мл, а именно  $10^7$  $10^{10}$  КОЕ/мл. Такие результаты представлены в работе М.Б. Куплецкой и А.И. Нетрусова, которые исследовали эффективность хранения в лиофильновысушенном состоянии в течение 50 лет. В ампулах содержалось значительное количество жизнеспособных клеток (во многих культурах  $10^6$  –  $10^9$  клеток), этого достаточно для поддержания культуры и соответствует требованиям к производственным культурам [13].

Установлено, что метод лиофилизации также способствует сохранности биотехнологических свойств культур микроорганизмов [7, 14-17].

Таблица 2 – Результаты оценки максимального показателя ЖСП штаммов

Наименование штамма	ЖСП, КОЕ/мл
<i>Streptococcus thermophilus</i> S-1	$10^{10}$
<i>Streptococcus lactis</i> №7	$10^8$
<i>Streptococcus cremoris</i> K7	$10^8$
<i>Lactobacillus plantarum</i> C-2 B-665	$10^9$
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> №31 ЛК	$10^9$
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 12a	$10^9$
<i>Lactobacillus acidophilus</i> A-2 B-679	$10^7$
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> S-1 B-669	$10^8$
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (5) 6A K-25 Y-94	$10^8$
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y-448	$10^8$
<i>Bifidobacterium</i> Y-1	$10^9$
<i>Streptomyces roseoflavus</i> var. <i>rossefungini</i> 2-91	$10^8$
<i>Penicillium cyclopium</i> 1 F-84	$10^9$
<i>Bacillus subtilis</i> 720 B-18	$10^8$
<i>Bacillus polymyxa</i> ДН	$10^8$
<i>Bacillus thuringiensis</i> A1	$10^8$
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> w 346 (1501) №14	$10^9$
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i> шт. 620 M	$10^9$
<i>Dietzia maris</i> MB3	$10^9$
<i>Bacillus licheniformis</i> 356	$10^9$
<i>Candida tropicalis</i> СК-4	$10^9$
<i>Pseudomonas boreopolis</i> 2-3К	$10^9$
<i>Rizobium meliloti</i> Rh-3 B-105	$10^9$
<i>Sinorhizobium fredii</i> SR-1	-
<i>Rhizobium leguminosarum</i> Rhl	$10^9$
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> Z-9	$10^9$
<i>Bacillus megaterium</i> F-4 B-RKM0513	$10^9$
<i>Bacillus subtilis</i> S-1 B-RKM0535	$10^8$
<i>Propionibacterium shermanii</i> P-3 B-354	-
<i>Staphylococcus aureus</i> 436	$10^9$
<i>Rhizobium pusence</i> Z-8	$10^9$
<i>Escherichia coli</i> um 209-P	$10^9$

## Заключение

Сохранение имеющегося коллекционного фонда промышленно-ценных штаммов важно для проведения прикладных и фундаментальных работ, для образования и развития науки. Использование стандартных коллекционных штаммов значительно повышает безопасность и эффективность работ, связанных с использованием микроорганизмов.

Необходимым условием успешной работы с микроорганизмами является правильное поддержание их с целью сохранения не только жизнеспособности клеток, но и таксономических, а также любых других важных свойств.

В результате научной работы выяснили, что культуры микроорганизмов при хранении методом лиофилизации более десятков лет сохраняют чистые (контаминация отсутствует), жизнеспособные клетки с сохранением признаков.

Из 32 коллекционных культур 2 культуры не дали рост, остальные культуры жизнеспособны и соответствуют своим паспортным данным, видовым и родовым характеристикам.

Таким образом, обе используемые для длительного хранения защитные среды сохраняют культуры микроорганизмов в стабильно жизнеспособном состоянии, что подтверждается и литературными источниками, практикой ведущих коллекций и результатами собственных исследований, следовательно, любая из изученных нами защитных сред может использоваться в практике хранения и в дальнейшем.

## Список литературы

1. Васильев Д.А. История микробиологии: Курс лекций / Д.А. Васильев, Н.А. Феоктистова, С.Н. Золотухин. – Ульяновск, 2007. – 74 с.
2. Алмагамбетов К.Х. О создании коллекции микроорганизмов для биотехнологии / К.Х. Алмагамбетов, А.Р. Кушугулова, С.С. Ануарбекова // Биотехнология. Теория и практика. – 2001. – № 3-4. – С. 96-97.
3. Коскараева Ш.С. Основы распространенных методов хранения культур микроорганизмов (обзор) / Ш.С. Коскараева, С.С. Ануарбекова // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2017. – Часть 2. – С. 133-141.
4. Robert J. Heckly. Preservation of Bacteria by Lyophilization / Robert J. Heckly. // *Advances in Applied Microbiology*. – 1961. – Vol. 3. – P. 1-76.
5. Effect of cryopreservation and lyophilization on viability and growth of strict anaerobic human gut microbes / Lea Bircher, Annelies Geirnaert, Frederik Hammes et al // *Microb Biotechnol*. – 2018. – Vol. 11(4). – P. 721-733.
6. Preservation of micro-organisms by drying; A review / C.A. Morgan, N. Herman, P.A. White, G. Vesey // *Journal of Microbiological Methods*. – 2006. – Vol. 66, Issue 2. – P. 183-193.
7. Похиленко В.Д. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития / В.Д. Похиленко, А.М. Баранов, К.В. Детушев // Известия ВУЗ. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 4(12). – С. 99-121.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии // Под ред. Н.С. Егорова. – М.: Московский Университет, 1995. – 220 с.
9. Лабинская А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. – М.: Медицина, 1978. – 392 с.
10. Phillips Th. How Lyophilization Preserves Biological Material [Electronic resource] / Th. Phillips. – 2020: [thoughtco.com/lyophilization-preserving-biological-material-375590](https://thoughtco.com/lyophilization-preserving-biological-material-375590).
11. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т., пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. – М.: Мир, 1997. – 800 с.
12. Improving survival and storage stability of bacteria recalcitrant to freeze-drying: a coordinated study by European culture collections / J. Peiren et al // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2015. – Vol. 99. – P. 3559-3571. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6476-6>.
13. Kupletskaya M.B. Viability of lyophilized microorganisms after 50-year storage / M.B. Kupletskaya, A.I. Netrusov // *Microbiology*. – 2011. – Vol. 80 – P. 850-853. <https://doi.org/10.1134/S0026261711060129>.
14. Жураева Р.Н. Влияние длительного хранения на сохранность пробиотических свойств молочнокислых бактерий / Р.Н. Жураева, Л.И. Зайнитдинова, Р.Б. Эргашев / *Мат. Междунар. н.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании»*. – Рязань, 2022. – С. 18-20.

15. Отработка условий лиофильного хранения азотфиксирующих микроорганизмов / Э. Нагызбеккызы и др. // *Новости науки Казахстана*. – 2014. – № 3(121). – С. 97-106.
16. Dietrich S. Optimization of a freeze-drying process for the biocontrol agent *Pseudomonas* spp. and its influence on viability, storability and efficacy / S. Dietrich, A.-P. Matos Da Silva, I.L. Bisutti // *Biological Control*. – 2016. – Vol. 94. – P. 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.12.004>.
17. A strategy to promote the convenient storage and direct use of polyhydroxybutyrate-degrading *Bacillus* sp. JY14 by lyophilization with protective reagents / S.H. Kim et al // *Microbial Cell Factories*. – 2023. – Vol. 22, Article number: 184. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02173-4>.

### References

1. Vasilev D.A. *Istoriya mikrobiologii: Kurs lektsii* / D.A. Vasilev, N.A. Feoktistova, S.N. Zolotukhin. – Ulyanovsk, 2007. – 74 s. (In Russian).
2. Almagambetov K.KH. O sozdanii kollektzii mikroorganizmov dlya biotekhnologii / K.KH. Almagambetov, A.R. Kushugulova, S.S. Anuarbekova // *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*. – 2001. – № 3-4. – S. 96-97. (In Russian).
3. Koskaraeva SH.S. Osnovy rasprostranennykh metodov khraneniya kul'tur mikroorganizmov (obzor) / SH.S. Koskaraeva, S.S. Anuarbekova // *Vestnik ENU im. L.N. Gumileva*. – 2017. – Chast' 2. – S. 133-141. (In Russian).
4. Robert J. Heckly. Preservation of Bacteria by Lyophilization / Robert J. Heckly. // *Advances in Applied Microbiology*. – 1961. – Vol. 3. – P. 1-76. (In English).
5. Effect of cryopreservation and lyophilization on viability and growth of strict anaerobic human gut microbes / Lea Bircher, Annelies Geirnaert, Frederik Hammes et al // *Microb Biotechnol*. – 2018. – Vol. 11(4). – R. 721-733. (In English).
6. Preservation of micro-organisms by drying; A review / C.A. Morgan, N. Herman, P.A. White, G. Vesey // *Journal of Microbiological Methods*. – 2006. – Vol. 66, Issue 2. – P. 183-193. (In English).
7. Pokhilenko V.D. Metody dlitel'nogo khraneniya kollektсионnykh kul'tur mikroorganizmov i tendentsii razvitiya / V.D. Pokhilenko, A.M. Baranov, K.V. Detushev // *Izvestiya VUZi. Povolzhskii region. Meditsinskie nauki*. – 2009. – № 4(12). – S. 99-121. (In Russian).
8. *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii* // Pod red. N.S. Egorova. – M.: Moskovskii Universitet, 1995. – 220 s. (In Russian).
9. Labinskaya A.S. *Mikrobiologiya s tekhnikoi mikrobiologicheskikh issledovaniy* / A.S. Labinskaya. – M.: Meditsina, 1978. – 392 s. (In Russian).
10. Phillips Th. How Lyophilization Preserves Biological Material [Electronic resource] / Th. Phillips. – 2020: [thoughtco.com/lyophilization-preserving-biological-material-375590](https://thoughtco.com/lyophilization-preserving-biological-material-375590). (In English).
11. Khoult Dzh. *Opredelitel' bakterii Berdzhii: v 2-kh t., per. s angl. / pod red. Dzh. Khoult, N. Kriga, P. Snita i dr.* – M.: Mir, 1997. – 800 s. (In Russian).
12. Improving survival and storage stability of bacteria recalcitrant to freeze-drying: a coordinated study by European culture collections / J. Peiren et al // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2015. – Vol. 99. – P. 3559-3571. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6476-6>. (In English).
13. Kupletskaya M.B. Viability of lyophilized microorganisms after 50-year storage / M.B. Kupletskaya, A.I. Netrusov // *Microbiology*. – 2011. – Vol. 80 – P. 850-853. <https://doi.org/10.1134/S0026261711060129>. (In English).
14. Zhuraeva R.N. Vliyanie dlitel'nogo khraneniya na sokhrannost' probioticheskikh svoystv molochnokislykh bakterii / R.N. Zhuraeva, L.I. Zainitdinova, R.B. Ehrgashev // *Mat. Mezhdunar. n.-prakt. konf. «Fundamental'nye i prikladnye aspekty mikrobiologii v nauke i obrazovanii»*. – Ryazan', 2022. – S. 18-20. (In Russian).
15. Отработка uslovii liofil'nogo khraneniya azotfiksiruyushchikh mikroorganizmov / EH. Nagyzbekkыzy i dr. // *Новости науки Kazakhstana*. – 2014. – № 3(121). – S. 97-106. (In Russian).
16. Dietrich S. Optimization of a freeze-drying process for the biocontrol agent *Pseudomonas* spp. and its influence on viability, storability and efficacy / S. Dietrich, A.-P. Matos Da Silva, I.L. Bisutti // *Biological Control*. – 2016. – Vol. 94. – R. 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.12.004>. (In English).
17. A strategy to promote the convenient storage and direct use of polyhydroxybutyrate-degrading *Bacillus* sp. JY14 by lyophilization with protective reagents / S.H. Kim et al // *Microbial Cell Factories*. – 2023. – Vol. 22, Article number: 184. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02173-4>. (In English).



**Г.С. Альжанова<sup>1,2\*</sup>, С.С. Ануарбекова<sup>1</sup>, А.Е. Хасенова<sup>2</sup>, А.М. Садыков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС  
Степногорск қ., 9 шағын аудан 4 ғимарат, индекс: 021500, Қазақстан Республикасы  
<sup>2</sup>Степногорск қаласындағы «Ұлттық биотехнология орталығы» ЖШС филиалы  
Степногорск қ., 6 шағын аудан 6 ғимарат, индекс: 021500, Қазақстан Республикасы  
\*e-mail: gulzhan-12@mail.ru

## **ЛИОФИЛЬДІКЕПТІРІЛГЕН КҮЙДЕГІ МИКРОАҒЗАЛАР ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ САҚТАЛУ ҰЗАҚТЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Өндірістік биотехнологияның дамуы микроағзалардың дақылдары сияқты нысанды ресурстарды қолдануға негізделген. Микроағзалар дақылдарының жинағында ғылыми-зерттеу жұмыстарында және қолданбалы жұмыстарда қолданылатын штаммдар болады. Өндірістік микроағзалар ресурстарының кеңеюі, оларды сақтау әдістерін жетілдіру және биоөнімділік қасиеттерін жақсарту микроағзалар жинағының өзекті міндеті болып табылады. Бұл жұмыста біз 10 жыл бұрын лиофильді кептіру әдісімен сақтауға қалдырылған жинақтағы дақылдардың морфо-дақылды сипаттамалары мен максималды өміршеңдік көрсеткішіне зерттеу жүргіздік. Зерттеу жұмысы аталған әдіс пен қолданылған қорғаныш ортасының тиімділігін бағалау мақсатымен жүргізілді. Зерттеу нысаны бактериялардың, саңырауқұлақтардың, ашытқылардың және актиномицеттердің әр түрлі таксономиялық топтарының 32 штаммдары болды. Қорытындысында келесі нәтижелерді алдық: реактивациядан кейін 2 дақыл өсім бермеді, 30 дақыл өздерінің төлқұжаттық сипаттамаларына сәйкес және өндірістік дақылдарға рұқсат етілген  $10^6$  КОЕ/мл:  $10^8$ - $10^{10}$  КОЕ/мл ден көп өміршеңдік көрсеткішіне ие. Алынған мәліметтер лиофильдеу әдісімен сақтаудың және желатинде, сахарозада және майсыздандырылған сүтте қолданылатын қорғаныш орталарының тиімділігін растайды. Зерттеу нысандары адам өмірінің әр түрлі салаларында қолданысқа ие бола алады.

**Түйін сөздер:** Штамм, сақтау, реактивация, лиофилдеу, қорғаныш орталары, жиынтық, өміршеңдік.

**G.S. Alzhanova<sup>1,2\*</sup>, S.S. Anuarbekova<sup>1</sup>, A.E. Khasenova<sup>2</sup>, A.M. Sadykov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>LLP «Scientific and Analytical Center «Biomedpreparat»,  
021500, Kazakhstan, Stepnogorsk city, 9 microdistrict 4 buildings  
<sup>2</sup>Branch LLP «National center for Biotechnology» in the city Stepnogorsk  
021500, Kazakhstan, Stepnogorsk city, 6 microdistrict 6 buildings  
\*e-mail: gulzhan-12@mail.ru

## **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF LONG-TERM STORAGE OF MICROORGANISMS CULTURES IN A LYOPHILE-DRIED CONDITION**

The development of industrial biotechnology is based on the use of resources from objects such as microbial cultures. Collections of microorganism cultures contain strains that are used in research and applied development. Expanding the resources of industrial microorganisms, optimizing methods for their storage and improving bioproducing properties is an urgent task for the collection of microorganisms. In this work, we studied the maximum viability rate and morpho-cultural characteristics of collection cultures stored for more than 10 years using the freeze-drying method. This was done to evaluate the effectiveness of this storage method and the protective environments used. The object of the study were 32 strains of various taxonomic groups of bacteria, fungi, yeasts and actinomycetes. In sum, we obtained the following results: 2 cultures did not grow after reactivation, 30 cultures corresponded to their passport characteristics and had a viability rate within the acceptable limits for industrial crops, more than  $10^6$  CFU/ml:  $10^8$ - $10^{10}$  CFU/ml. The data obtained confirm the effectiveness of storage by lyophilization and the protective media used on gelatin, sucrose and skim milk. Objects of research can be used in various spheres of human life.

**Key words:** Strain, storage, reactivation, lyophilization, protective environments, collection, viability.

### **Сведения об авторах**

**Сандугаш Сакеновна Ануарбекова\*** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат», г. Степногорск, Республика Казахстан; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru.

**Гульжан Сержановна Альжанова** – Магистр биотехнологии, и.о. ВНС ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат», г. Степногорск, Республика Казахстан, заведующая лабораторией в лаборатории прикладной биотехнологии в филиале ТОО «Национальный центр биотехнологии» в г. Степногорск, Казахстан; e-mail: gulzhan-12@mail.ru.

**Акмарал Есенбаевна Хасенова** – руководитель филиала ТОО «Национальный центр биотехнологии» в г. Степногорск, Казахстан; e-mail: a.hasenova@biocenter.kz.

**Азамат Мухамедьярович Садыков** – и.о генерального директора ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат», г. Степногорск, Республика Казахстан; e-mail: aza\_sadykov@mail.ru.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Сандугаш Сакеновна Ануарбекова\*** – медицина ғылымдарының кандидаты, «Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС-нің жетекші ғылыми қызметкері, Степногорск қ., Қазақстан, e-mail: sanuarbekova@rambler.ru.

**Гульжан Сержановна Альжанова** – «Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС-нің жетекші ғылыми қызметкерінің міндетін атқарушы, Степногорск қаласы, Қазақстан, Қазақстан Республикасы, Степногорск қаласындағы «Ұлттық биотехнология орталығы» ЖШС филиалындағы қолданбалы биотехнология зертханасының зертхана меңгерушісі; e-mail: gulzhan-12@mail.ru.

**Акмарал Ертугановна Хасенова** – Степногорск қаласындағы «Ұлттық биотехнология орталығы» ЖШС филиалының басшысы, Қазақстан; e-mail: a.hasenova@biocenter.kz.

**Азамат Мухамедьярович Садыков** – «Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС-нің бас директорының м.а Степногорск қ., Қазақстан; e-mail: aza\_sadykov@mail.ru.

#### Information about the authors

**Sandugash Sakenovna Anuarbekova\*** – is Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher in LLP «Scientific and Analytical Center «Biomedpreparat», Stepnogorsk, Kazakhstan.; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru.

**Gulzhan Serzhanovna Alzhanova** – acting as a leading researcher at the Scientific Analytical Center «Biomedpreparat» LLP, Stepnogorsk, Republic of Kazakhstan, head of the laboratory in the laboratory of applied biotechnology in the branch of the National Center of Biotechnology LLP in Stepnogorsk, Kazakhstan; e-mail: gulzhan-12@mail.ru.

**Akmaral Ertuganovna Khasenova** – head of the branch of the National Center of Biotechnology LLP in Stepnogorsk, Kazakhstan; e-mail: a.hasenova@biocenter.kz.

**Azamat Mukhamedyarovich Sadykov** – Acting General Director of the LLP Scientific and Analytical Center «Biomedpreparat», Stepnogorsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: aza\_sadykov@mail.ru.

Поступила в редакцию 18.04.2024

Принята к публикации 21.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-19

IRSTI: 34.27.19/62.09.37



**A.N. Aralbaev<sup>1</sup>, A.N. Aralbaeva<sup>2\*</sup>, Z.Zh. Seydakhmetova<sup>1</sup>, N.K. Aralbai<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Almaty Technological University,

050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole bi str., 100

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University,

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 al-Farabi Ave.

<sup>3</sup>H.A. Yassavi International Kazakh-Turkish University,

161200, Republic of Kazakhstan, Turkestan, Sattarkhanov Avenue, 29/3

\*e-mail: a\_aralbaeva83@bk.ru

## INVESTIGATION OF PREBIOTIC PROPERTIES OF AQUEOUS-ALCOHOLIC EXTRACTS OF ROOTS OF CRAMBE KOTCHIANA AND BUNIAS ORIENTALIS

**Abstract:** Nutrition is one of the fundamental factors of human health. Today the use of biologically active food additives, enrichment of products with nutraceuticals, consumption of target foods is justified due to the increasing effect of stress along with unbalanced diet and lifestyle. The main resource of nutrients is plant foods and substances derived from them. The use of additional plant components in the manufacture of food products contributes to increasing its biological and nutritional value. Non-traditional plant species have a high potential along with traditional crops. A lot of research is aimed at identifying the positive effects of bioactive substances of plants on the body and the possibility of using them to expand the range of useful food products. We investigated the prebiotic properties of the underground part of plants from the Brassicaceae

family. In the course of the study we applied traditional microbiological methods of research. As the results of the experiments showed, the plant extracts promoted the growth of lactobacilli, and the prebiotic activity was not inferior to the common preparations - lactulose. The obtained data will be used for further research for the development of technology for obtaining products with a positive effect on the normoflora of the intestine and implying the inclusion of prebiotic substances in the formulation.

**Key words:** fermented milk bacteria, plant extracts, prebiotic properties.

## Introduction

The realities of modern life, associated with widespread deterioration of environmental conditions, changes in eating habits, hypodynamia, lifestyle, constant stress are one of the causes of a wide range of different pathological conditions. Nutrition is one of the factors predetermining the quality of life, intellectual and physical working capacity of a person [1]. Prolonged violation of the balance of nutrients in the body leads to metabolic disorders and as a result affects its functional state. Therefore, nutritional correction is particularly important in the treatment and prevention of certain disorders and pathologies [2]. Enrichment of foods with vitamins, minerals, bioactive compounds is a widespread approach to improve their quality, nutritional and biological value. The inclusion of physiologically active substances in the composition of finished products or raw materials can change the characteristics of the product. There are many different components that are introduced in the production of flour and bakery products, confectionery products, sour dairy products, canned foods, sausages and beverages [3-4].

The inclusion of prebiotics in the formulation allows the product to be enriched with components that contribute to the normalisation of gut microflora, excretion of toxins, thereby manifesting an immunostimulating and detoxifying effect [5]. Prebiotics can include substances of different nature, which are actively digested by microorganisms inhabiting the human intestine. One of the sources of prebiotic substances is different parts of plants rich in soluble and insoluble dietary fibres and complex saccharides. The issue of research into the prebiotic properties of different species of traditional and non-traditional food plants does not lose its relevance [6]. According to our previous studies, plants from the Brassicaceae family have a significant potential as food raw materials and contain a sufficiently high level of soluble and insoluble dietary fibres along with the main nutrients [7-8], which makes them promising for development as a prebiotic additive for the production of milk and bakery products.

The aim of our research was to evaluate the prebiotic potential of roots of plants belonging to the Brassicaceae family – *Crambe cotchiana* and *Bunias orientalis*

## Materials and methods

To evaluate the effect of plant raw materials on the growth of probiotic microorganisms, water-alcoholic extracts of roots of the plants under study (*Crambe cotchiana* and *Bunias orientalis*) were used. Commonly known prebiotic substance disaccharide – lactulose (Sigma production) was used as control groups.

Plant raw materials were collected in ecologically clean areas of East Kazakhstan, Arkharly tract. Roots were dried, dry raw material was stored in a cool dry place. To obtain the extract, dry roots were ground on a laboratory mill, dry raw material 1 g was poured into 50% aqueous ethanol solution, left in a dark place at room temperature for 20 hours for extraction of substances. After extraction, the liquid extract was filtered and dried in a rotary evaporator to dry residue. The dry extract was stored in a dark container. It was diluted with 50% aqueous ethanol solution before experimentation. The following concentrations 10mg/ml (1% solution), 15 mg/ml (1,5% solution), 20 mg/ml (2,0% solution), 2,5 mg/ml (2,5% solution) were used for the studies. Control preparations were dissolved in water and used in similar concentrations

Lactic acid bacteria culture test: *Lactococcus lactis* PP, *Limosilactobacillus fermentum* A15, *Lactobacillus acidophilus* IMV were used as objects to evaluate the effect of plant extracts on probiotic microorganisms. Lactic acid bacteria were cultured on MRS medium.

The activity of the extract was determined by the method of diffusion into agar from wells. For this purpose,  $1 \times 10^5$  CFU/ml of test microorganism suspension was added to the melted and cooled to 40°C nutrient medium for every 100 ml of medium. It was mixed thoroughly and poured into Petri dishes in the amount of 25 ml. After solidification, 10 mm diameter wells were prepared with a special block cutter.

Water-alcoholic extracts of roots were added to the wells in an amount of 0.3 ml (up to the edge of the well) in three repetitions. The dishes were cultured at 37°C for 48 hours. The diameter of the zones of growth suppression or stimulation of test cultures was measured.

To determine the optimal prebiotic concentration, solid media with the addition of different concentrations of lactulose and plant extracts as a carbon source were used. The cultivation time was 48 hours at 37.0±0.5°C.

The concentration of test bacteria after cultivation was determined by spectrophotometric method. Microorganisms were washed off the surface of nutrient agar with physiological sodium chloride solution. The concentration of microbes in the resulting suspension was determined by measuring the optical density of microbial suspensions at a wavelength of transmitted light of 620 nm [9-10].

Statistical processing of data. The obtained results were statistically processed using Microsoft Excel programme, calculating the arithmetic mean of the parameter and the mean square deviation. Taking into account the Fisher-Student criterion, the registered changes in the parameters were considered reliable at  $p \leq 0.05$ .

### Results and discussion

The results of the study are presented in Table 1. As can be seen from the table, plants from the Brassicaceae family have an inhibitory effect on the growth of lactococci, while the introduction of plant extracts into the culture of lactic acid bacilli showed growth activation. It should be noted that the extract of *Bunias orientalis* had a slightly greater effect than that of *Crambe cotchiana*.

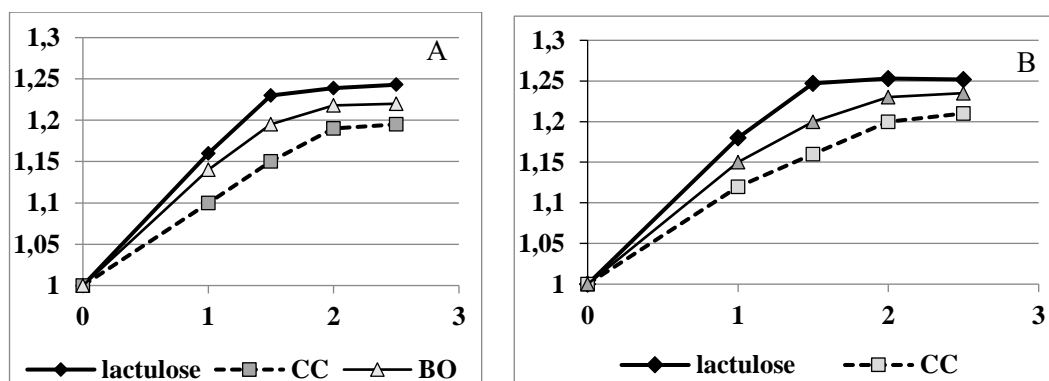
Table 1 – Effect of plant extracts on the growth of lactic acid bacteria

№	Variant Test	Crambe cotchiana		Bunias orientalis	
		Suppression zone	Stimulation zone	Suppression zone	Stimulation zone
1	<i>Lactococcus lactis</i> PP	16±1	-	12±0,5	-
2	<i>Limosilactobacillus fermentum</i> A15	-	16±0,5		20±1
3	<i>Lactobacillus acidophilus</i> IMV	-	20±0,2		23±1

To determine the optimal concentration of the extract for the stimulating effect, the effect of their increasing concentrations on the growth of *Limosilactobacillus fermentum* and *Lactobacillus acidophilus* cultures was investigated. Lactulose solutions were used for comparison.

Lactic acid bacilli digest most carbohydrates: lactose, sucrose, glucose, salicin, galactose, maltose, dextrin, raffinose. Lactulose is a structural isomer of lactose, so it is absorbed by microorganisms along with other disaccharides as a source of energy and carbon when added to the medium [11-12]

The study on the prebiotic properties of *Crambe cotchiana* and *Bunias orientalis* root extract is presented in Figure 1.



Abscissa axis: optical density of the suspension, ordinate axis: concentration of extract and disaccharide, %  
Figure 1 – Study of optimal extract concentration for culture of *Limosilactobacillus fermentum* A15 (A), *Lactobacillus acidophilus* IMV (B)

As can be seen from the figure, when lactulose and extracts were introduced into the nutrient medium for cultivation of test cultures of fermented milk bacteria in increasing concentrations, significant growth of bacterial cultures was observed at the concentration of lactulose equal to 1,5%, whereas the optimal concentration for plant extracts was 2%. Increasing the concentration of the above mentioned ones did not lead to intensification of bacterial growth. In comparison, it can be said that the stimulatory activity of the extracts of *Bunias orientalis* and *Crambe cotchiana* was much inferior to that of lactulose. However, when comparing the extracts, it was found that the extract of *Bunias orientalis* roots had a higher stimulating effect than that another one extract.

As shown in the study, 2% concentrations of the extracts of *Crambe cotchiana* and *Bunias orientalis* were optimal for growth stimulation for both test cultures, whereas for lactulose this figure was much lower at 1,5%

For further studies of lactic acid bacteria growth dynamics, the above-mentioned concentrations of the tested substances were used. The intensity of biomass accumulation was measured at time intervals of 6, 12, 24, 36 and 48 hours. The results of the study are presented in Figures 2-3. Standard MRS medium was used as a control.

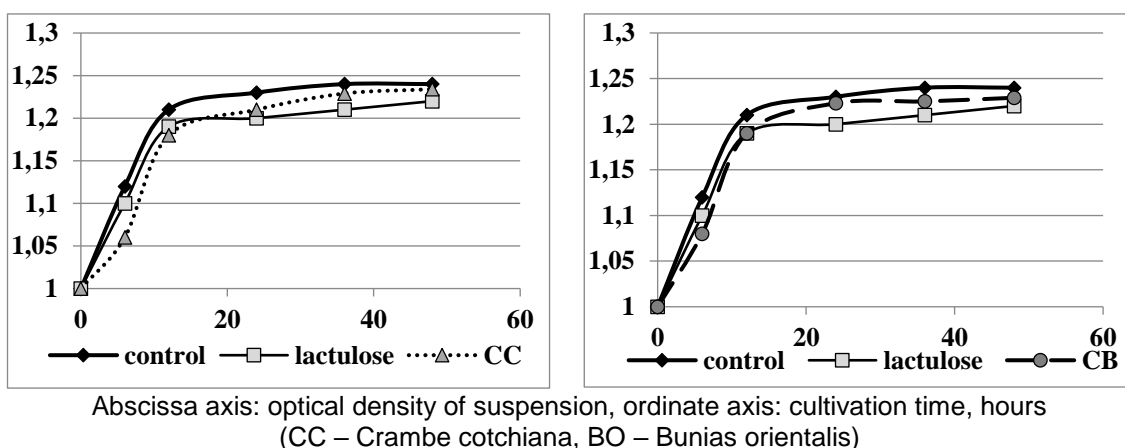


Figure 2 – Study of growth dynamics of *Limosilactobacillus fermentum* A15 culture

As can be seen from Figure 3, in all cultures *L.fermentum* reached stationary phase after 12 hours of cultivation, but the biomass accumulation was slightly different. The comparison revealed that the test cultures assimilated lactulose less intensively compared to the control. Analysis of growth dynamics on media with plant extracts showed that after culturing for 6 hours, the growth rate of the culture was lower almost 2-fold when *Crambe cotchiana* extract was added to the medium, and 1.5-fold when the extract was added to the medium. After 12 hours of cultivation, biomass accumulation increased and became almost at the same level with samples cultivated on media with added lactulose. After 24 hours, the level of microbial biomass accumulation was almost identical to the control.

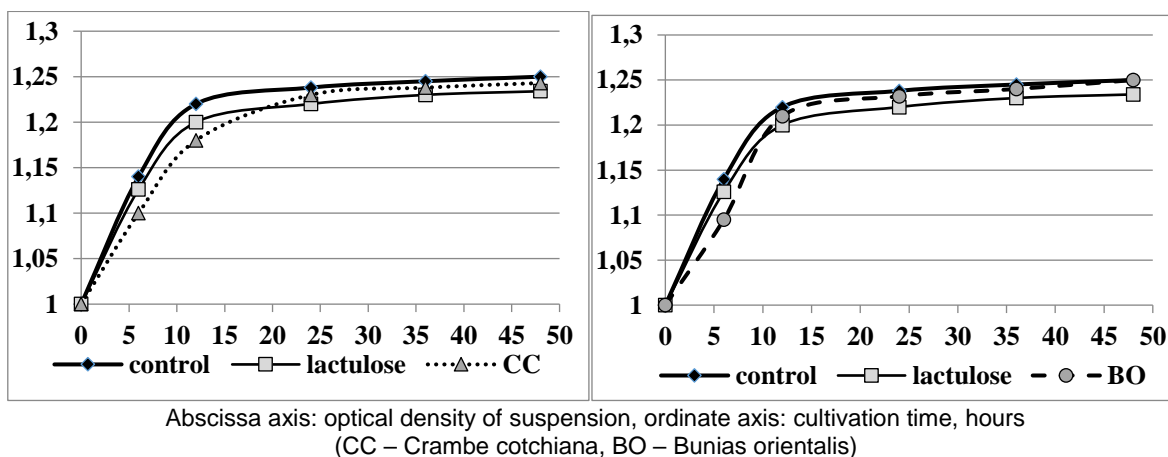


Figure 3 – Study of growth dynamics of *Lactobacillus acidophilus* IMV culture

Practically similar tendency is observed in the test culture of *L. acidophilus* which can be seen from Figure 4. When the *Crambe cotchiana* extract was introduced, the log phase was molted for 24 hours. For both tested extracts in the initial phase the biomass growth was lower by 1,5 times than in the control and in the media with lactulose.

In the media with the inclusion of *Bunias orientalis* extract after 12 hours of cultivation, the biomass index for *Crambe cotchiana* extracts after 24 hours of cultivation was almost similar to the control values. Most likely, the low growth at the initial stages is due to the fact that the extracts contain a mixture of saccharides, of which the readily available forms are consumed first, with adaptation to other types of carbohydrates. We attribute the rather high rates of biomass accumulation to the complex composition of the extracts, which, in addition to sugars, includes other bioactive substances, dietary fibers and oligosaccharides, which favourably affect the growth intensity of lactobacilli.

### Conclusion

Plants are a source of various nutrients and bioactive substances with a high potential impact on the human body. The use of bioactive components of plants in the development of functional products is a modern trend in the field of healthy nutrition and dietary enrichment [13]. There are about 14,000 plant species in Kazakhstan, 111 species of which are potentially suitable as a food resource [14]. At the moment, the issue of careful development of local resources of food raw materials is quite acute. *Crambe cotchiana* and *Bunias orientalis* plants are poorly studied and have great potential for further research and practical applications. Their biological and nutritional value has been shown [7-8], our studies were aimed at evaluating the prebiotic properties of extracts of the named species. Thus, as our studies have shown, root extracts of the studied plants had an inhibitory effect on lactococci cultures and are able to stimulate the growth of lactic acid bacilli. The study of the optimal concentration for cultivation and growth dynamics when introduced into culture will be a scientific basis for further development of technology of application of the investigated species of non-traditional raw materials in order to obtain new products of target purpose.

### References

1. Rattan S. Nutrition, Food and Diet in Health and Longevity: We Eat What We Are / S. Rattan, G. Kaur // *Nutrients*. – 2022. – Vol.14, № 24. – P. 5376. doi.org/10.3390/nu14245376.
2. Qi L. Nutrition for precision health: The time is now / L. Qi // *Obesity* (Silver Spring, Md.). – 2022. – Vol. 30, № 7. – P. 1335-1344. doi.org/10.1002/oby.23448.
3. Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review / S. Vishwakarma, C. Genu Dalbhat, S. Mandliya et al // *Food research international*. – 2022. – № 156. – P. 111186. doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111186.
4. Ou J. Incorporation of polyphenols in baked products / J. Ou // *Advances in food and nutrition research*. – 2021. – № 9. – P. 207-252. doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.02.009.
5. Probiotics, prebiotics and synbiotics: Safe options for next-generation therapeutics / M.K. Yadav, I. Kumari, B. Singh et al // *Applied microbiology and biotechnology*. – 2022. – Vol.106, № 2. – P. 505-521. doi.org/10.1007/s00253-021-11646-86.
6. Sachdeva V. Current Prospects of Nutraceuticals: A Review / V. Sachdeva, A. Roy, N. Bharadvaja // *Current pharmaceutical biotechnology*. – 2020. – Vol. 21, № 10. – P. 884-896. doi.org/10.2174/1389201021666200130113441.
7. Aralbaev A.N. Assessment of nutritional and biological value of *crambe cochiana* roots / A.N. Aralbaev, Z.Zh. Seidakhmetova, N.K. Aralbai // *Reports of the National Academy of Sciences of Kazakhstan*. – 2022. – № 2. – P.5-20. doi.org/10.32014/2022.2518-1483.144.
8. Aralbaev A.N. Evaluation of the prospects of the roots of the plant *Bunias orientalis* as a food raw material / A.N. Aralbaev, Z.Zh. Seidakhmetova, N.K. Aralbai // *ENU named after L.N. Gumilev Bulletin. Series Biological Sciences*. – 2023. – Vol. 2, № 143. – P. 66-80. doi.org/10.32523/2616-7034-2023-143-2-66-80.
9. Selection and comparative characterisation of lactobacilli strains – representatives of normal intestinal microflora of piglets / I.V. Darmov, I.V. Marakulin, I.P. Pogorelsky, N.V. Pozolotina // *Actual questions of veterinary biology*. – 2015. – Vol. 2, № 26. – P.3-10.

10. Modelling the growth dynamics of *Lactobacillus lactis* CWBI B-1410: Effect of changes in glucose and nitrogenised matter in the Man Rogosa Sharpe (MRS) culture media / M. Dieng, A.N. Ndèye, M. Ndong, C. Ndèye // African Journal of Food Science. – 2020. – № 14. – P. 186-191. doi.org/10.5897/AJFS2020.1960.
11. Qualitative and quantitative composition of metabolites of lactic acid bacteria strains in connection with the development of probiotic preparations / E.F. Semenova, N.N. Markelova, A.A. Bibarsova et al // Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine. – 2021. – Vol. 11, № 4. – P. 44-53. doi.org/10.37279/2224-6444-2021-11-4-44-53.
12. Galactooligosaccharides derived from lactose and lactulose: influence of structure on *Lactobacillus*, *Streptococcus* and *Bifidobacterium* growth / A. Cardelle-Cobas, N. Corzo, A. Olano et al // International journal of food microbiology. – 2011. – Vol. 149, № 1. – P. 81-87. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.05.026.
13. Liu R.H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet / R.H. Liu // Advances in nutrition. – 2013. – Vol. 4, № 3. – P. 384-92. doi.org/10.3945/an.112.003517.
14. Suleimenov A.N. About food plants, natural ecosystems of East Kazakhstan alternative bread grains and potatoes / A.N. Suleimenov, A.N. Aralbaev // Innovations in Science. – 2017. – № 67. – P. 14-17.

**А.Н. Аралбаев<sup>1</sup>, А.Н. Аралбаева<sup>2\*</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1</sup>, Н.К. Аралбай<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100

<sup>2</sup>Қазақ Ұлттық университеті әл-Фараби,

050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

<sup>3</sup>Халықаралық қазақ-түрік университеті Х.А. Яссауи,  
161200, Қазақстан Республикасы, Түркістан қ., Саттарханов даңғылы, 29/3

\*e-mail: a\_aralbaeva83@bk.ru

#### **КОЧИ КАТРАНЫ ЖӘНЕ ШЫҒЫС МАЙРАКЕБІСІНЕН АЛЫНҒАН СУЛЫ-СПИРТТІ СЫҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ ПРЕБИОТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

*Тамақтану – адам денсаулығын құраушы негізгі факторларының бірі. Бүгінгі таңда биологиялық белсенді қоспаларды тағамға қосымша қолдану, тағамдарды нутрицевтиктермен байыту, функционалды тағамдарды тұтыну қажеттілігі теңгерімсіз тамақтану және заманауи өмір салтымен қатар стресстің жоғарылауына байланысты туындап отыр. Қоректік заттардың негізгі ресурсы- өсімдіктекті тағамдар және олардан алынған қосылыстар болып келеді. Азық-түлік өндірісінде қосымша өсімдік компоненттерін қолдану оның биологиялық және тағамдық құндылығын арттыруға көмектеседі. Дәстүрлі емес өсімдік түрлері дәстүрлі дақылдармен қатар жоғары әлеуетке ие. Көптеген зерттеулер өсімдіктердің биоактивті заттарының ағзаға оң әсерін және оларды пайдалы тағамдардың ассортиментін кеңейту үшін пайдалану мүмкіндігін анықтауға бағытталған. Атаулы мақалада қырыққабат тұқымдасына жататын өсімдіктердің жер асты бөлігінің пребиотикалық қасиеттерін зерттеу жұмыстарының нәтижесі келтірілген. Тәжірибе барысында дәстүрлі микробиологиялық зерттеу әдістері қолданылды. Жүргізілген эксперименттердің нәтижелері көрсеткендей, өсімдік сығындылары лактобактериялардың өсуіне оңынан ықпал етті, ал пребиотикалық белсенділігі бойынша олар жалпыға бірдей танымал препарат – лактулозадан кем түспеді. Алынған нәтижелер ішек нормофлорасына оң әсер ететін және рецептураға пребиотикалық заттарды қосуды көздейтін өнімдерді алу технологиясын әзірлеу үшін ғылыми негіз ретінде пайдаланылады.*

**Түйін сөздер:** сүтқышқылды бактериялар, өсімдік сығындылары, пребиотикалық қасиеттер.

**А.Н. Аралбаев<sup>1</sup>, А.Н. Аралбаева<sup>2\*</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1</sup>, Н.К. Аралбай<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет,

050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Төле би, 100

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,

050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

<sup>3</sup>Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Яссауи,  
161200, Республика Казахстан, г. Туркестан, проспект Саттарханова, 29/3

\*e-mail: a\_aralbaeva83@bk.ru

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНО-СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ КОРНЕЙ КАТРАНА КОЧИ И СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ**

*Питание – один из основополагающих факторов здоровья человека. Сегодня применение биологически активных добавок к пище, обогащение продуктов нутрицевтиками, потребление*

целевых продуктов питания оправдано в связи с возрастающим действием стресса наряду с несбалансированным питанием и образом жизни. Основным ресурсом питательных веществ является растительная пища и вещества полученные из них. Применение дополнительных растительных компонентов при изготовлении пищевых продуктов способствует повышению его биологической и пищевой ценности. Нетрадиционные виды растений обладают высоким потенциалом наряду с традиционными культурами. Множество исследований направлено на выявление положительных эффектов биоактивных веществ растений на организм и возможности их использования для расширения ассортимента полезных пищевых продуктов. Нами исследовано, пребиотические свойства подземной части растений из семейства Капустные. В ходе исследования применяли традиционные микробиологические методы исследования. Как показали результаты проведенных экспериментов, экстракты растений способствовали росту лактобацилл, и по пребиотической активности не уступали общеизвестному препарату – лактулозе. Полученные данные будут использованы для дальнейших исследований для разработки технологии получения продуктов обладающих положительным эффектом на нормофлору кишечника и подразумевающих включение в рецептуру пребиотических веществ.

**Ключевые слова:** кисломолочные бактерии, экстракты растений, пребиотические свойства.

#### Information about authors

**Altai Nugmanovich Aralbaev** – doctoral student of the 3rd year of study Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: altai\_an@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-1010-006X>.

**Zaure Zhunusovna Seydakhmetova** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9213-7391>.

**Arailym Nugmanovna Aralbaeva** – Candidate of Biological Sciences, acting Professor of the Department of Fundamental Medicine, al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

**Nugman Kuldarbekuly Aralbay** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of KazAPN, Academician of the ACS RK, Director of SRI «Natural Science», A.K. Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan; e-mail: nugman.aralbay@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-9316-0713>.

#### Авторлар туралы мәлімет

**Алтай Нугманович Аралбаев** – 3 курс докторанты, Технологиялық Университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: altai\_an@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-1010-006X>.

**Зауре Жунусовна Сейдахметова** – биология ғылымдарының докторы, «Тағам биотехнологисы» кафедрасының профессоры, Алматы Технологиялық Университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9213-7391>.

**Арайлым Нугмановна Аралбаева** – биология ғылымдарының кандидаты, профессор м.а., әл Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің, Іргелі медицина кафедрасының доценті, Алматы, Қазақстан; e-mail: a\_aralbaeva83@bk.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0003-4610-434>.

**Нұгман Күлдарбекұлы Аралбай** – биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚазПФА академигі, ҚРАШФА академигі, «Жаратылыстану» ҒЗИ директоры, Қ.А. Яссауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік Университеті, Түркістан, Қазақстан; e-mail: nugman.aralbay@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-9316-0713>.

#### Сведения об авторах

**Алтай Нугманович Аралбаев** – докторант 3 курса, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан; e-mail: altai\_an@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-1010-006X>.

**Зауре Жунусовна Сейдахметова** – доктор биологических наук, профессор кафедры «Пищевая биотехнология», Алматинский Технологический Университет, Алматы, Казахстан; e-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9213-7391>.

**Арайлым Нугмановна Аралбаева** – кандидат биологических наук, асс.профессор, и.о. профессора кафедры Фундаментальной медицины, КазНУ имени аль Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: a\_aralbaeva83@bk.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0003-4610-4342>.

**Нұгман Күлдарбекұлы Аралбай** – доктор биологических наук, профессор, академик КазАПН, академик АСХН РК, директор НИИ «Естествознания» Международный Казахско-Турецкий университет имени Х.А. Яссауи, Туркестан, Казахстан; e-mail: nugman.aralbay@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-9316-0713>.

Received 02.04.2024

Revised 23.04.2024

Accepted 24.04.2024



**А.К. Ахметжанова<sup>1\*</sup>, Г.И. Байгазиева<sup>1</sup>, Э.Б. Аскарбеков<sup>1</sup>, М.М. Баязитова<sup>1</sup>, Л. Гривна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті,  
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би к-сі, 100

<sup>2</sup>Мендель университеті,  
61300, Чех Республикасы, Брно қаласы, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever  
\*e-mail: aytowa@mail.ru

## **АШЫТУ ДЕҢГЕЙІ ТӨМЕН АШЫТҚЫ ШТАММЫН ТАҢДАУ**

**Аңдатпа:** Сыра – айқын құлмақ хош иісі және аздап ащы дәмі бар танымал төмен алкогольді сусын. Сырада әртүрлі қоректік заттар мен биологиялық белсенді заттардың, соның ішінде микроэлементтер мен дәрумендердің көп мөлшерін табуға болады.

Түсіне қарай сыра ақшыл және күңгірт болып, ал қолданылатын ашытқы түріне қарай төмен және жоғарғы ашытылған сыраға бөлінеді.

Алайда, құрамында 2,5-тен 11%-ға дейін этил спирті бар сыраны жүргізушілер, жүкті әйелдер, спортшылар, жедел және созылмалы аурулары бар науқастар және т.б. сияқты топтарға жататын адамдарға ұсынуды болмайды. Алкогольсіз сыра осы топқа жататын адамдарға жарамды, сол себепті соңғы уақытта алкогольсіз сыраға сұраныс айтарлықтай өсу үстінде.

Этанолдың рұқсат етілетін концентрациясы 0,5 аспайтын алкогольсіз сыраны жасауда физикалық-химиялық, технологиялық және биохимиялық әдістер қолданылады.

Бұл мақалада алкогольсіз сыра өндіруге арналған ашытқы штаммдары қарастырылады. А12 штаммы ашытқысының ашытылуы төмен ашытылған алкогольсіз сыраның физикалық-химиялық көрсеткіштері отандық үлгідегі алкогольсіз сыраға жуық екендігі анықталды. Органолептикалық қасиеттері бойынша тәжірибелік сыраның дәмі жұғымды. Сондай-ақ осы ашытқы штаммын қолдану арқылы ашыту процесін жүргізуде алкоголь концентрациясының мәнін 0,5% көлемдік шегіне дейін төмендетуге болады.

**Түйін сөздер:** алкогольсіз сыра, ашытқы штаммдары, жоғары спирттер, ашытқы биомассасы, этанол.

### **Кіріспе**

Алкогольсіз сыра-дәмі дәстүрлі сыраға ұқсас, бірақ құрамында аз мөлшерде алкоголь бар сусын (0-ден 0,5%-ға дейін). Іс жүзінде алкогольсіз сыраны өндіру, құрамындағы алкогольді толығымен жоюына байланысты, қарапайым сыра өндіруге қарағанда күрделі процесс болып табылады.

Алкоголь мөлшері төмен сыраны алудың бірден бір жолы-ең аз ашыту белсенділігімен сипатталатын штаммды пайдалану, нәтижесінде этанол түзуге кететін қанттардың үлесі азаяды. Бұл ретте сыраның сенсорлық профилін қалыптастыруда сыра ашытқысының генетикалық қасиеттерінің үлкен рөлін ескеру қажет [1].

Сыраны ашытудың түріне байланысты үстіңгі (беттік, жылы) ашытқы және астыңғы (терең, суық) ашытқылар болып ажыратылады. Үстіңгі ашыту 14-25°C, кейде одан да жоғары температурада жүреді, ашытудың соңғы сатысында ашытқы сыраның бетінде «көбік» құрайды. Төменгі ашыту үшін 6-10°C температура оңтайлы болып табылады, ашытқы суслоның төменгі жағына шөгеді.

Сыра қайнатуда қолданылатын штаммдар жоғары дәрежелі спирттер, органикалық қышқылдар, күрделі эфирлер, күкірт қосылыстары, карбонилдер, атап айтқанда, ацетальдегид, диацетил және пентандион сияқты сенсорлық маңызды компоненттердің синтезімен ерекшеленеді [2].

Бұл қосылыстар түйсік шегінен асатын концентрацияда да, тым төмен мазмұнда да сыраға үйлесімсіз дәм мен спецификалық емес иіс бере алады. Бұл ретте, алкогольсіз сыра-сыраның өзіне тән, сенсорлық профилі бар, технология арқылы да анықталатын және оны өндіру үшін қолданылатын ашытқылардың штаммдық сипаттамалары арқылы да анықталатын түрі екенін ескеру қажет [3].

Т.И. Филимонова, О.А. Борисенко өз зерттеулерінде ашытқылардың әртүрлі расаларын суық ашытуда қолданудың сандық қатынасын салыстыра отырып, нәтижесінде ресейлік сыра қайнату зауыттарының көпшілігі 145 және S-04 ашытқы штаммдарын қалайды деген қорытындыға келген [4].

С.Г. Давыденко, Д.В. Афонин өз зерттеулерінде суық ашытуда қолданылатын S-23 және 776 ашытқы штаммдарына салыстырмалы баға берілген. Соның нәтижесінде S-23 ашытқы штаммы алкогольсіз сыраның ең жақсы тұтынушылық қасиеттерін көрсетілген [5].

Сондықтан органолептикалық қасиеттері тұтынушының талабын қанағаттандыра алатын алкогольсіз сыраның жаңа технологиясын жасау кезінде, ең алдымен ашытқы штаммдарын таңдау қажет. Осы мақсатта ашытқыларының төрт штаммы зерттелді: A12 (Финляндия), S-04 (Бельгия), S-23 (Франция) және 145 (Ресей), бір-бірінен ең алдымен субстрат утилизациясы жылдамдығымен және биомассаның ұлғаюымен айтарлықтай ерекшеленеді, өйткені этанолдың метаболизмі дәл осы көрсеткіштермен байланысты, оның синтезі аз мөлшерде болуы керек [6].

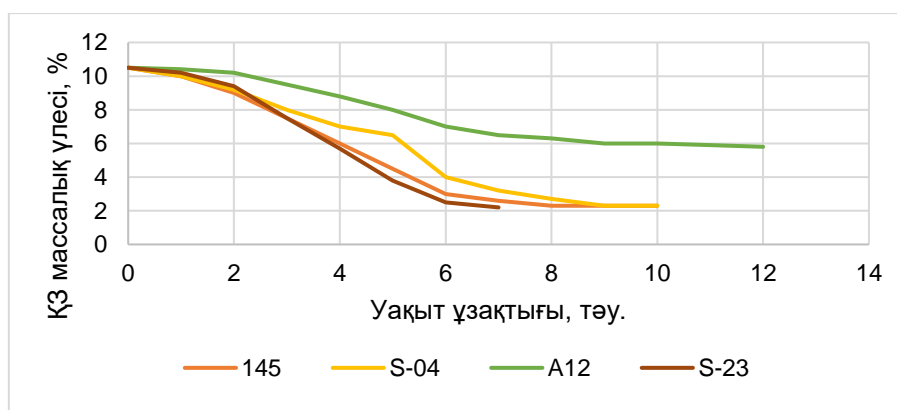
### Зерттеу шарттары мен әдістері

Жұмыстың эксперименттік бөлігін орындау кезіндегі егу материалы алдымен 50 см<sup>3</sup>, содан кейін 500 см<sup>3</sup> суслоның көлбеу агар суслосынан екі күндік ашытқы культурасын өсіру арқылы жинақталды. Содан кейін ашытқы центрифугадан өткізіліп, құрғақ заттың массалық үлесі 10,5% және амин азотының концентрациясы 145 мг/см<sup>3</sup> 1 см<sup>3</sup>-ге 18-20 млн жасуша егілген суслоға енгізілді. Ортаның бастапқы рН мәні 5,2.

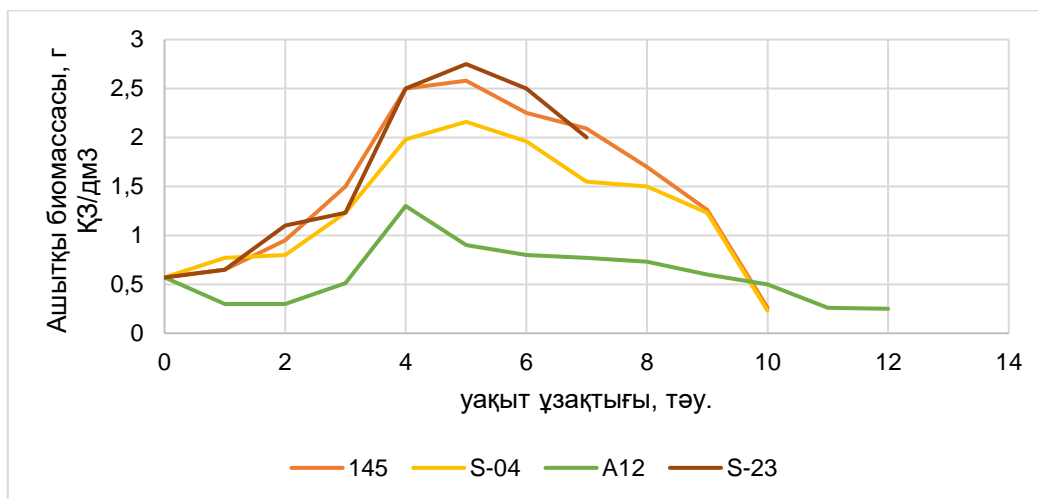
Ашыту процесі 10±1°C температурада жүзеге асырылды және ашытудың соңғы дәрежесіне жеткенде тоқтатылып, ашытылған суслодағы ҚЗ құрамындағы өзгерістердің жоқтығымен бағаланды.

Ашыту кезінде күн сайын ашытылған суслосының үлгілері алынып, олардағы экстракт мөлшері мен ашытқылардың концентрациясы анықталды. Ашыту процесінің соңында сырада жиналған ашытқы мөлшері мен диацетил концентрациясы, ацетальдегид, эфирлер (этилацетат, изоамилацетат, этил капронат) және жоғары спирттер (3-метилбутанол, пропанол, 2-метилбутанол, изобутанол) анықталды. Сыраның дәмдік компоненттерін анықтау үшін HP-6890-Plus газ анализаторы (Германия, 2010 ж.) қолданылды. Сыраның көмірсулар спектрін бағалау кезінде ЖӨСХ (АҚШ, 2015 ж.) (ферментті көмірсуларды анықтау әдісін метрологиялық аттестаттау туралы куәлік №56-09-03) әдісі қолданылды.

Ашытудың нақты дәрежесі мен этанолдың массалық үлесі Anton Paar (Австрия, 2006ж.) аспабында анықталды, сыраның түсі спектрофотометриялық әдіспен 440 нм толқын ұзындығында, ал изогумулон – спектрофотометриялық әдіспен 275 нм толқын ұзындығында талданды.

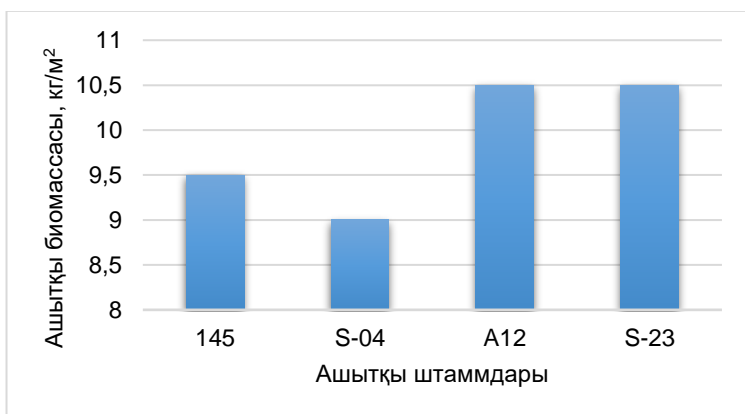


Сурет 1 – Суслодағы құрғақ заттар кинетикасы



Сурет 2 – Суслодағы ашытқы биомассасының концентрациясы

1,2-ші суреттерде көрсетілгендей, суслоны ашытудың ең төменгі дәрежесін A12 штаммы көрсетті, ол 12 тәуліктен кейін ашытылған көмірсулардың 45% ғана тұтынған. Бұл фактіні A12 штамм ашытқысының жоғары флокуляциялық қабілетімен түсіндіруге болады, нәтижесінде оның биомасса концентрациясы 2,5 г ҚЗ/дм<sup>3</sup> S-04 штаммына қарағанда 1,3 г ҚЗ/дм<sup>3</sup> болды. A12 штаммындағы жинақталған ашытқы мөлшері басқа штаммдармен бірдей деңгейде болды (3-сурет). A12 штамм жасушаларының жоғары флокуляциялық қабілеті және олардың төмен ашыту белсенділігі алкогольсіз немесе алкоголь мөлшері аз сыра өндірісінде қызығушылық тудыруы мүмкін.



Сурет 3 – Ашытудың соңында жиналған ашытқы биомассасы

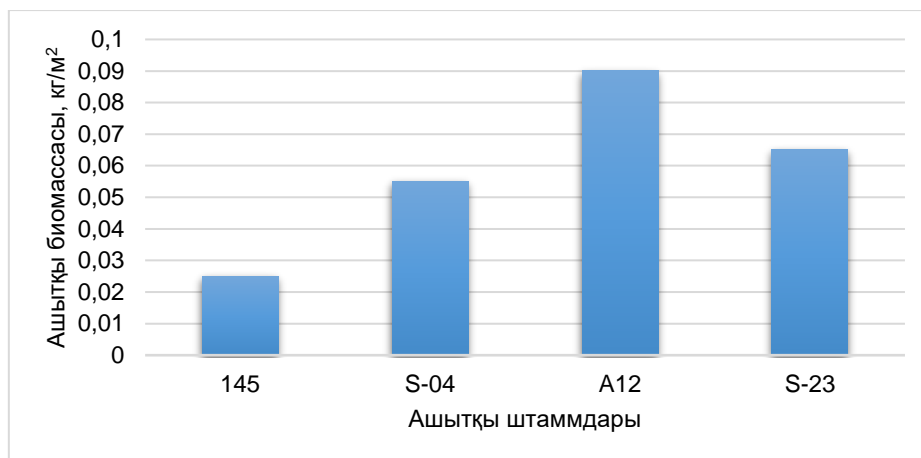
Ашыту белсенділігімен қатар қышқылдар, жоғары спирттер, эфирлер, карбонилдер және күкірт қосылыстары сияқты сыра ашытқылары ашытудың маңызды сипаттамаларының бірі. Сезім деңгейі өте төмен бола тұрып, олар сыраның сенсорлық профилін, ал карбонилдер мен май қышқылдары, сонымен қатар сыраның сақтау кезіндегі дәмнің тұрақсыздығын анықтайды.

Осыған байланысты ашытқылардың ашыту белсенділігін сипаттайтын көрсеткіштерді бағалаумен қатар қосалқы өнімдердің синтезі жүргізіліп, штаммдар олардың екіншілік метаболизм өнімдерін синтездеу қабілеті бойынша салыстырылды.

#### **Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау**

Карбонилдердің бірі, атап айтқанда диацетил (2,3 – бутандион) ашытудың технологиялық режимін таңдауда шешуші болып табылады. Диацетил валин биосинтезіндегі аралық метаболит  $\alpha$ -ацетоллактаттан түзіледі. Химиялық  $\alpha$ -ацетоллактаттың диацетилге айналуы тотығу декарбоксилдену реакциясы болып табылады, оның жылдамдығы ашытқылардың генетикалық ерекшеліктеріне, ашыту температурасына және рН мәніне байланысты. Майдың, күйдірілген қанттың иісімен салыстырылатын диацетилдің иісі 0,05 мг/дм<sup>3</sup> жоғары концентрацияда пайда болды. Лагерлі типтегі ашық сыра сорттарындағы

диацетил концентрациясы  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  аспауы қажет және жоғары сапалы ашытылған сырадағы ол көрсеткіш  $0,20 \text{ мг/дм}^3$  рұқсат етілген.



Сурет 4 – Жас сырадағы диацетил концентрациясы

Жүргізілген зерттеулер бойынша (сурет 3), A12 штамм ашытқысын қолданғанда ( $0,09 \text{ мг/дм}^3$ ) сырадағы диацетилдің максималды мөлшерін көрсеткен, бұны сыраның жоғары флокуляциялық қабілетіне байланысты оның жетілуі кезінде суспензия күйдегі жасушалардың төмен концентрациясымен түсіндіруге болады. Сол аралықта диацетилдің ацетоин қалпына келуі ашытқы жасушасының бетінде өтетіні белгілі [7].

Осылайша, ашытқы A12 штаммы алкогольсіз сыра өндіру үшін белгілі бір қызығушылық тудырады, бұл олардың төмен ашыту белсенділігімен байланысты. Дегенмен, ашытылған суслодағы сенсорлық компоненттердің төмен концентрациясы сыраға тән дәм мен хош иістің болмауына әкелуі мүмкін. Сондықтан келесі эксперименттер сериясында бұл ашытқы штаммы алкогольсіз сыраны алу үшін пайдаланылды. Бақылау ретінде «Балтика О» алкогольсіз сырасы болды, өндіру кезінде төменгі ашыту ашытқысы (34/70 штамм) және ҚЗ массалық үлесі 12 % болатын сырадан этил спиртін диализ әдісімен жою қолданылды [8].

Тәжірибелер Алматы технологиялық университетіндегі «Ашыту өнімдері өндірісінің оқу-ғылыми орталығы» цехында сыра қайнату цехында жүргізілді.

ҚЗ массалық үлесі 5,5% болатын құлмақталған суслоны  $9^\circ\text{C}$  температураға дейін салқындатылып, конустық түбі бар ашыту танқысына (ЦКТ) айдалды. Ашытқы сусло ағынына  $1 \text{ см}^3$  суслодағы 3 млн жасушаның мөлшері есебінен мөлшерленді. Ашытылған сусло күніне 1 рет 30 минут бойы көмірқышқыл газымен көпіршіктеу арқылы араластырылды. Этил спиртінің 0,45-0,5 көл.% концентрациясына жеткеннен кейін сыра сүзіліп, көмірқышқыл газымен қанықтырылды.

Бұл процесті жүзеге асырған кезде жасушалардың максималды саны ашытудың бесінші күнінде ( $6 \text{ млн/см}^3$ ) тіркелді, бірақ бұл ашытқы биомассасының өсу коэффициенті 2-ге тең екенін білдірмейді, өйткені күн сайын ЦКТ-дан көпіршік алдында аппарат конусында тұндырылған ашытқы алынып тасталды, бұл жасушалардың автолизіне және сырада жағымсыз хош иісті заттардың жиналуына жол бермеді.

Ашытудың бесінші күнінде ҚЗ 4,9% массалық үлесіне жеткенде ашыған сыраның температурасы 24 сағат ішінде  $3^\circ\text{C}$  дейін төмендеді және сонымен қатар сұйықтық қабатының үстіндегі қысымды 1 барға дейін көтерілді. Жас сыраның ашып-жетілуі 5 күнге созылды.

A12 ашытқы штаммымен алынған алкогольсіз сыраны және «Балтика О» алкогольсіз сырасын талдау нәтижелері кестеде келтірілген.

Кестеде келтірілген деректерді талдау нәтижелеріне сүйене отырып, сыраның бақылау үлгісі эксперименттік үлгіден қалдық экстрактісінің массалық үлесі мен оның көмірсулар құрамынан айтарлықтай ерекшеленеді деген қорытынды жасауға болады.

Тәжірибелік үлгідегі вицинальды дикетондардың (диацетил және пентандион) және диметил сульфидінің (ДМС) мөлшері бақылауға қарағанда жоғары, бірақ екі үлгіде де сезу шегінен ( $40 \text{ мкг/л}$ ) аспайды [9,10].

Кесте 1 – А12 ашытқы штаммымен алынған тәжірибелік алкогольсіз сыра мен «Балтика 0» сырасының нәтижелерін талдау

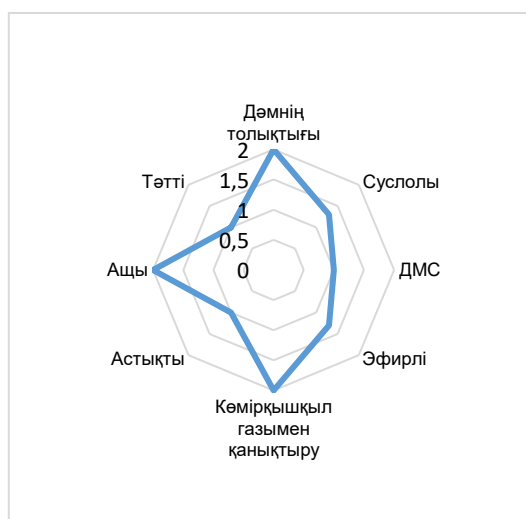
Көрсеткіштер	Сыра	
	тәжірибелік	Балтика 0
Жарамды экстракт, %	4,48	7,5
Көрінетін экстракт, %	4,22	2,8
Этил спиртінің мөлшері, мас. %	0,38	0,32
pH	4,5	4,2
Титрленетін қышқылдылық, NaOH/100 см <sup>3</sup>	1,9	2,1
Изогумулон, ащы бір.(ЕВС)	17,6	17,0
Түсі, бірлікпен	0,6	0,5
Олигосахаридтер, г/дм <sup>3</sup>	23,0	42,5
Оның ішінде:		
Трисахаридтер	5,4	5,2
Мальтоза	7,5	18,8
Глюкоза	0,5	8,0
фруктоза	0,3	0,1
Диметильсульфид, мкг/дм <sup>3</sup>	14	4
Диацетил, мкг/дм <sup>3</sup>	35	20
Пентандион, мкг/дм <sup>3</sup>	28	18

Физико-химиялық көрсеткіштері сыраның толық бейнесін бере алмайтынын ескере отырып, оның құрамында 800-ден астам компоненттер бар, олардың әрқайсысы жеке және жалпы өнімнің органолептикалық қасиеттерін анықтайтындықтан, білікті мамандардың қатысуымен дегустация өткізілді. Дегустацияға ЖСШ «Карлсберг Қазақстан» сыра қайнату компаниясы мамандар-дегустаторлары қатысты.

Сусынның органолептикалық қасиеттерін сипаттау үшін сыраның дәмі мен хош иісінің сенсорлық профилінің сипаттамалық сынағы қолданылды. Дегустациядан кейін хаттама жасалынып, түпкілікті нәтиже алу үшін арнайы компьютерлік бағдарламаның көмегімен әрбір дегустатордың хаттамалық деректері өңделді және профилиграммалар түрінде берілді (5,6-сурет).



Сурет 5 – «Балтика 0» сырасының дегустациялық бағасы



Сурет 6 – А12 штаммдық ашытқымен алынған сыраның дегустациялық бағасы

Профилиграммалардан бақылау үлгілерінде ашытылатын көмірсулар концентрациясының жоғары мәндеріне байланысты эксперименттік нұсқалармен салыстырғанда тәттілік пен дәмнің толықтығы жоғарылағанын көруге болады. Тәжірибелік алкогольсіз сыраның негізгі кемшілігі-бақылауда іс жүзінде байқалмайтын суслолық пен дәмдік хош иістерінің болуы, бірақ бұл ашытқының штаммдық сипаттамаларымен байланысты емес,

бұл этанолдың белгілі бір концентрациясына жеткенде үзілетін ашыту процесінің технологиясына байланысты.

### Қорытынды

Сонымен, ашытқы А12 штаммын қолдану арқылы алынған алкогольсіз сыра өзінің физика-химиялық және органолептикалық қасиеттері бойынша ең жақсы отандық үлгілердің алкогольсіз сырасын алуға сәйкес келеді. Сонымен қатар, А12 штаммын пайдаланған кезде, ашыту белсенділігі жоғары штаммдардан айырмашылығы, тербеліс диапазоны 0,3–0,5 кел.% шегінде болатын этил спирті концентрациясының қажетті мәніне жеткенше ашыту процесін бақылау оңайырақ.

### Әдебиеттер тізімі

1. Non-alcoholic beer: Confirmation of quality / LN. Kharlamova, AV. Danilyan, Myu. Sinelnikova, DYu. Matveeva // Production Quality Control. – 2021. – № 10. – P. 44-47. <https://doi.org/10.35400/2541-9900-2021-10-44-47>.
2. Application of non-Saccharomyces yeasts isolated from kombucha in the production of alcohol-free beer / K. Bellut, M. Michel, M. Zarnkow et al // Fermentation. – 2018. – № 4(3). <https://doi.org/10.3390/fermentation4030066>.
3. Черкасова Е.С. Оптимизация условий аэрации сусла в технологии безалкогольного пива / Е.С. Черкасова, Е.П. Каменская // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: мат-лы XIII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2020. – С. 401-404.
4. Филимонова Т.И. Использование распивных дрожжей на российских предприятиях / Т.И. Филимонова, О.А. Борисенко // Пиво и напитки. – 2008. – № 1. – С. 12-13.
5. Давыденко С.Г. Создание штамма дрожжей для нового пивного бренда «Балтика «Кулер» / С.Г. Давыденко, Д.В. Афонин, Б.Э. Баташов, А.Т. Дедегкаев // Пиво и напитки. – 2011. – № 3. – С. 43-47.
6. Аннемюллер Г. Дрожжи в пивоварении / Г. Аннемюллер, Г.Й. Мангер, П. Литц. – СПб.: Профессия, 2015. – 428 с.
7. Bellut K. Application of Non-Saccharomyces Yeasts Isolated from Kombucha in the Production of Alcohol-Free Beer / K. Bellut et al // Fermentation. – 2018. – Vol. 4(66). – P.1-19. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030066>.
8. Bellut K. Investigation into the Potential of Lachancea fermentati Strain KBI 12.1 for Low Alcohol Beer Brewing / K.Bellut et al // J. of the American Society of Brewing Chemists. – 2019. – V. 77 (3). – P. 157-169. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1629227>.
9. De Francesco Giovanni. Mrakia gelida in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain / Giovanni De Francesco et al // Food Microbiology. – 2018. – Vol. 76. – P. 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>.
10. Сыра өндіруге арналған жаңа ашытқы штаммы / Ахметжанова А.К., Байгазиева Г.И., Кекибаева А.К., Людек Гривна. // ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии», Микробиология и вирусология. – 2023. – № 4(43). – С.133-139.

### References

1. Non-alcoholic beer: Confirmation of quality / LN. Kharlamova, AV. Danilyan, Myu. Sinelnikova, DYu. Matveeva // Production Quality Control. – 2021. – № 10. – P. 44-47. <https://doi.org/10.35400/2541-9900-2021-10-44-47>. (In English).
2. Application of non-Saccharomyces yeasts isolated from kombucha in the production of alcohol-free beer / K. Bellut, M. Michel, M. Zarnkow et al // Fermentation. – 2018. – № 4(3). <https://doi.org/10.3390/fermentation4030066>. (In English).
3. Cherkasova E.S. Optimizatsiya uslovii aehratsii susla v tekhnologii bezalkogol'nogo piva / E.S. Cherkasova, E.P. Kamenskaya // Tekhnologii i oborudovanie khimicheskoi, biotekhnologicheskoi i pishchevoi promyshlennosti: mat-ly XIII Vseros. nach.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunar. uchastiem. – Biisk: Izd-vo AITGTU, 2020. – S. 401-404. (In Russian).
4. Filimonova T.I. Ispol'zovanie raspivnykh drozhzhei na rossiiskikh predpriyatiyakh / T.I. Filimonova, O.A. Borisenko // Pivo i napitki. – 2008. – № 1. – S. 12-13. (In Russian).

5. Davydenko S.G. Sozdanie shtamma drozhzhei dlya novogo pivnogo brenda «Baltika «KuleR» / S.G. Davydenko, D.V. Afonin, B.EH. Batashov, A.T. Dedegkaev // Pivo i napitki. – 2011. – № 3. – S. 43-47. (In Russian).
6. Annemyuller G. Drozhzhi v pivovarenii / G. Annemyuller, G.I. Manger, P. Litts. – SPb.: Professiya, 2015. – 428 s. (In Russian).
7. Bellut K. Application of Non-Saccharomyces Yeasts Isolated from Kombucha in the Production of Alcohol-Free Beer / K. Bellut et al // Fermentation. – 2018. – Vol. 4(66). – P.1-19. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030066>. (In English).
8. Bellut K. Investigation into the Potential of Lachancea fermentati Strain KBI 12.1 for Low Alcohol Beer Brewing / K.Bellut et al // J. of the American Society of Brewing Chemists. – 2019. – V. 77 (3). – P. 157-169. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1629227>. (In English).
9. De Francesco Giovanni. Mrakia gelida in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain / Giovanni De Francesco et al // Food Microbiology. – 2018. – Vol. 76. – P. 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>. (In English).
10. Syra өндіруге арналған зһаңа ашытқы сһтаммы / Akhmetzhanova A.K., Baigazieva G.I., Kekibaeva A.K., Lyudek Grivna. // TOO «Nauchno-proizvodstvennyi tsentr mikrobiologii i virusologii», Mikrobiologiya i virusologiya. – 2023. – № 4(43). – S.133-139. (In Kazakh).

**А.К. Ахметжанова<sup>1\*</sup>, Г.И. Байгазиева<sup>1</sup>, Э.Б. Аскарбеков<sup>1</sup>, М.М. Баязитова<sup>1</sup>, Л. Гривна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматынський технологический университет,  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

<sup>2</sup>Университет Менделя,  
61300, Чешская республика, Брно қаласы, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever  
\*e-mail: aytowa@mail.ru

#### **ПОДБОР ШТАММА ДРОЖЖЕЙ С НИЗКОЙ СТЕПЕНЬЮ СБРАЖИВАНИЯ**

*Пиво является популярным слабоалкогольным напитком с выраженным хмелевым ароматом и некоторой горечью. В пиве можно обнаружить большое количество всевозможных питательных и биологически активных веществ, в том числе микроэлементы и витамины.*

*По цвету пиво делится на светлое и темное, а в зависимости от вида используемых дрожжей - на пиво низкого и верхового брожения.*

*Однако этот напиток, в зависимости от сорта пива содержащий от 2,5 до 11% этилового спирта не может быть рекомендован таким слоям населения, как водители, беременные женщины, спортсмены, больные острыми и хроническими заболеваниями и т.д. Для этих групп подходит безалкогольное пиво, потребность в котором в последнее время значительно увеличилась.*

*Для получения безалкогольного пива, допустимая концентрация этанола в котором не превышает 0,5%, используют физико-химические, технологические и биохимические методы.*

*В данной статье исследованы штаммы дрожжей для производства безалкогольного пива. Установлено, что физико-химические показатели безалкогольного пива, сброженного низкосбраживаемым штаммом дрожжей A12, вполне сопоставимы с безалкогольным пивом отечественных образцов. По органолептическим свойствам у экспериментального пива насыщенный вкус. Так же с помощью данного штамма дрожжей упрощается проведение процесса брожения до значения концентрации алкоголя в пределах 0,5 об.%*

**Ключевые слова:** безалкогольное пиво, штамм дрожжей, высшие спирты, биомасса дрожжей, этанол.

**A.K. Akhmetzhanova<sup>1\*</sup>, G.I. Baigazieva<sup>1</sup>, E.B. Askarbekov<sup>1</sup>, M.M. Bayazitova<sup>1</sup>, L. Hrivna<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty,  
050012, Kazakhstan, Almaty, st. Tolebi, 100

<sup>2</sup>Mendel University,  
61300, Czech Republic, Brno, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever  
\*e-mail: aytowa@mail.ru

#### **SELECTION OF A YEAST STRAIN WITH A LOW DEGREE OF FERMENTATION**

*Beer is a popular low-alcohol drink with a pronounced hop aroma and some bitterness. In beer you can find a large number of various nutrients and biologically active substances, including trace elements and vitamins.*

*Based on color, beer is divided into light and dark, and depending on the type of yeast used, into low- and top-fermented beer.*

*However, this drink, depending on the type of beer containing from 2,5 to 11% ethyl alcohol, cannot be recommended to such segments of the population as drivers, pregnant women, athletes, patients with acute and chronic diseases, etc. Non-alcoholic beer is suitable for these groups, the demand for which has increased significantly recently.*

*To obtain non-alcoholic beer, the permissible concentration of ethanol in which does not exceed 0,5%, physicochemical, technological and biochemical methods are used.*

*This article examines yeast strains for the production of non-alcoholic beer. It was found that the physicochemical parameters of non-alcoholic beer fermented with a low-fermentable yeast strain A12 are quite comparable with non-alcoholic beer of domestic samples. In terms of organoleptic properties, the experimental beer has a rich taste. Also, with the help of this yeast strain, the fermentation process is simplified to a value of alcohol concentration within 0,5 vol.%*

**Key words:** non-alcoholic beer, yeast strain, higher alcohols, yeast biomass, ethanol.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Айдана Керімбекқызы Ахметжанова\*** – «Биотехнология» мамандығының докторанты, Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: aytowa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-8241>.

**Гульгайша Ильясовна Байгазиева** – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының қауымдасқан профессоры, биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4767>.

**Эрик Бирликович Аскарбеков** – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының қауымдасқан профессоры, PhD доктор, Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-0820>.

**Меруерт Мысыровна Баязитова** – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының қауымдасқан профессоры, PhD доктор, Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: mikab\_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-5094>.

**Людек Гривна** – профессор, техника ғылымдарының докторы, Мендель Университеті, Брно, Чехия; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

#### **Сведения об авторах**

**Айдана Керімбекқызы Ахметжанова\*** – докторант по специальности «Биотехнология», Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан; e-mail: aytowa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-8241>.

**Гульгайша Ильясовна Байгазиева** – ассоциированный профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», кандидат биологических наук, доцент. Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4767>.

**Эрик Бирликович Аскарбеков** – ассоциированный профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», PhD доктор, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-0820>.

**Меруерт Мысыровна Баязитова** – ассоциированный профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», PhD доктор, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан; e-mail: mikab\_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-5094>.

**Людек Гривна** – профессор, доктор технических наук, Университет Менделя, Брно, Чехия; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

#### **Information about the authors**

**Aidana Akhmetzhanova\*** – doctoral student in the specialty «Biotechnology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: aytowa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-8241>.

**Gulgaisha Baigazieva** – associate professor of the department «Technology of bakery products and processing industries», candidate of biological sciences, associate professor. Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4767>.



**Erik Askarbekov** – Associate Professor of the Department of Technology of Bakery Products and Processing Industries, PhD Doctor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: erik\_ab82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9544-0820>.

**Meruyert Bayazitova** – Associate Professor of the Department of Technology of Bakery Products and Processing Industries, PhD Doctor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: mikab\_87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4767>.

**Ludek Hryvna** – Professor, Doctor of Technical Sciences, Mendel University, Brno, Czech Republic; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

Редакцияға енуі 15.02.2024  
Өңдеуден кейін түсуі 19.04.2024  
Жариялауға қабылданды 20.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-21

FTAXP: 65.63.33



**Қ.М. Букарбаев<sup>1</sup>, Ш.А. Абжанова<sup>1</sup>, А.Ч. Каташева<sup>1</sup>, Ә.У. Байбекова<sup>1</sup>, А.Б. Бейсембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті АҚ,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би 100,  
\*e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru

## ПІСІРІЛІП-ЫСТАЛҒАН ЕТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Мақалада пісіріліп-ысталған шұжық өндірісінде шырғанақ, зімбір, розмарин сығындыларын және қарасора ақуызын пайдалана отырып, дайын өнімді антиоксиданттық қасиеттермен байыту үшін жүргізілген зерттеулер нәтижелері берілген.

Мақалада пісіріліп-ысталған шұжық өнімінің физика-химиялық және органолептикалық сипаттамаларын зерттеу нәтижелері берілген. Шикізаттың сапасын анықтауда және одан әрі өңдеу үшін шикізат ретінде таңдауда маңызды көрсеткіштердің бірі оның физика-химиялық қасиеттері мен органолептикалық көрсеткіштері болып табылады. Зертханалық жағдайда пісіріліп-ысталған шұжық сапасының физика-химиялық көрсеткіштері мен органолептикалық көрсеткіштерін анықтау үшін зерттеу нәтижелері алынды.

Кепілдендірілген сападағы пісіріліп-ысталған шұжық алу үшін сығындының және қарасора ақуызының қауіпсіздік параметрлері бойынша зерттеулер жүргізілді. Сондай-ақ, дайын өнімнің витаминдер құрамы, микробиологиялық көрсеткіштері және аминқышқылы құрамы бойынша зерттеулер жүргізілді. Дәрумендер саны бойынша дайын өнімдегі тиамин, рибофлавин және пиридоксин құрамы анықталды.

Зерттеу нәтижелері пісіріліп-ысталған шұжық өндірісінде сығындыларды және қарасора ақуызын қолдану және шұжық өнімдерінің ассортиментін кеңейту мүмкіндігін қарастыруға мүмкіндік береді.

Пісіріліп-ысталған шұжық өнімінің сақтау мерзімі 35 тәулікке дейін жетті, сақтау кезеңінде өнімнің микробиологиялық көрсеткіші анықталды және сақтау барысында микрофлораның өсу динамикасын зерттеу жүргізілді.

**Түйін сөздер:** сиыр еті, сығындылар, қарасора ақуызы, биологиялық құндылығы, микробиологиялық көрсеткіштер, технология.

### Кіріспе

Қазіргі уақытта тамақ өнеркәсібіндегі өзекті мәселе шикізаттың генетикалық түрлендірілген көздерінен алынған ақуыз изоляттарын ауыстыру болып табылады.

Генетикалық модификацияланбаған дақылдардан өсімдік ақуызының жаңа көздерін белсенді іздеу жұмыстары жүргізілуде. Соңғы бес жылда ішкі нарықта барлық технологиялық талаптарға жауап беретін өсімдік изоляттарының жаңа түрлері пайда болды.

Оларға: өнеркәсіптік қарасора ақуызы, бидай ақуызы, зығыр ақуызы, бұршақ ақуызы жатады. Бұл изоляттарда ақуыз мөлшері жоғары, суды жақсы байланыстыру және эмульгациялау қасиеттері бар; сонымен бірге олар төмен құнымен сипатталады.

Мысалы, соя изолятынан айырмашылығы, қарасора, бидай және бұршақ ақуыздары гель түзбейді, олар ет жүйелерінде құрылым түзілу процесіне тікелей қатысады.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты өсімдік сығындылары мен қарасора ақуызын пайдалана отырып, пісіріліп-ысталған ет өнімдерінің технологиясын жасау өзекті және перспективалы бағыт болып табылады. Осылайша, ресурсты барынша толық үнемдейтін және жергілікті шикізатты үнемді өңдеу және ұзақ сақтау мерзімі бар жоғары сапалы ет өнімдерінің жаңа түрлерін өндіру жүзеге асырылуда [1,2].

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Талданатын үлгілердің химиялық көрсеткішін анықтау бір өлшемдік тәсіл арқылы жүргізілді. Бұл тәсіл үлгідегі су, күл, май және ақуыз көрсеткіштерін анықтауда қолданылады.

Өнімнің ылғалдылығын анықтау. Кептіргіш шкафта (100÷105°C) үлгіні тұрақты салмаққа жеткенше кептіріп, ылғал мөлшерін анықтаймыз.

Өнімнің биологиялық және тағамдық құндылығына, тауарлық қасиетіне, сақтау жағыдайына тағы басқа көрсеткіштеріне ылғалдың болуы әсер етеді. Анықтаудың бірнеше әдістері бар, соның ішінде кеңінен таралған кептіру әдісі (МЕМСТ Р 51479-99).

Ақуыз мөлшерін анықтау. Сынама Къельдаль әдісі бойынша анықталады. Анықталатын үлгіні келесі стандартқа сүйене отырып жүргіземіз. (МЕМСТ 25011-81).

Алматы технологиялық университеті «Тағам қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу орталығында үлгіге аминқышқылды және май-қышқылды құрамы, макро және микроэлементтерді анықтауға зерттеулер жүргізілді.

Витаминдерді анықтау. В1, В2, РР дәрумендерінің құрамы ЭФ-3М электронды флуорометрінің көмегімен флуорометриялық және химиялық әдістермен анықталды. А, Е дәрумендерінің құрамы жоғары тиімді сұйық хроматографиямен анықталды.

Микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау. Үлгінің микробиологиялық көрсеткіші келесі стандартқа сай жүргізілді МЕМСТ Р 51446-99 (ИСО 7218-96). Оған жалпы микроб санын анықтау шек таяқшаларының болуы, Proteus тобы бактериялары мен патогенді микроағзаларды анықтау кірді.

Ылғал ұстағыштық қабілетін анықтау (ЫҰҚ). Бұл әдіс МЕМСТ 9793-2016 стандартқа сәйкес анықталды.

### **Зерттеу нәтижелері және оны талдау**

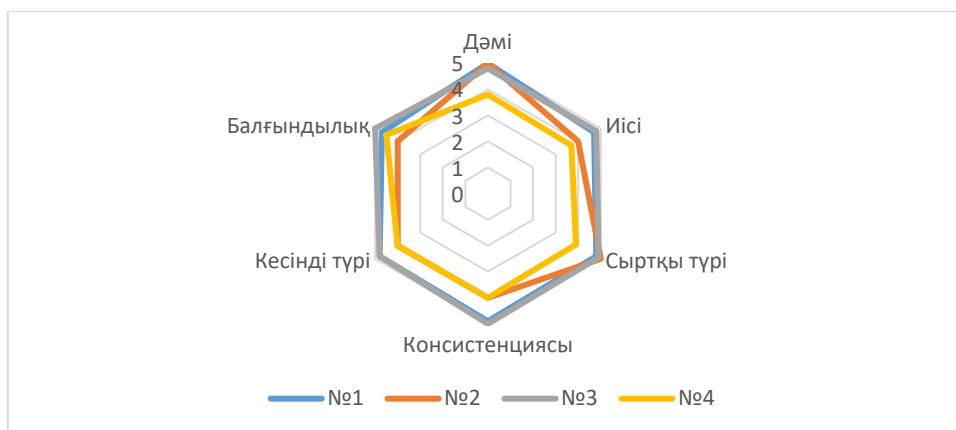
Өзірленген технологияға сәйкес шырғанақ, зімбір, розмарин сығындыларын және қарасора ақуызын енгізе отырып, пісіріп-ысталған шұжықтың тәжірибелі партиясы жасалды және оның органолептикалық көрсеткіштері зерттелді. Бақылау үлгісі сығындылары жоқ пісірілген-ысталған шұжық алынды.

Органолептикалық көрсеткіштері 5 балдық жүйе бойынша қабылданған әдістемеге сәйкес сиыр етінен дайындалған шұжықтың дәмін тату бағасы берілді, нәтижелер кестеде көрсетілген.

Сығындылар өне қарасора ақуызын енгізу арқылы пісіріп-ысталған шұжықтардың дәмін бағалау дайын өнімнің жоғары органолептикалық сипаттамалары көрсетілді.

Кесте 1 – Шұжықтардың әр түрлі сығындылар пайдаланылған органолептикалық көрсеткіштері

Өсімдік компоненттерінің мөлшері, %	Дәмі	Иісі мен хош иісі	Сыртқы түрі	Консистенциясы	Кесінді түрі	Балғындылық
Бақылау	5	4,7	4,8	4,9	4,8	4,7
3% сығындыларды және қарасора ақуызын қосу арқылы	5	4	5	4	4	4
5 % сығындыларды және қарасора ақуызын қосу арқылы	4,8	4,8	4,9	5	4,8	5
7 % сығындыларды және қарасора ақуызын қосу арқылы	3,8	3,7	3,9	4	4	4,5



Сурет 1 – Шұжықтардың әр түрлі сығындылар пайдаланылған органолептикалық көрсеткіштері

Жоғарыда суретте көрсетілгендей № 1 – бақылау нұсқасы; № 2 сығындылар мен қарасора ақуызының 3% қосылған; № 3 сығындылар мен қарасора ақуызының 5% қосылған және № 4 сығындылар мен қарасора ақуызының 7% қосылған дайын өнімнің профилограммасы келтірілген.

Органолептикалық бағалау нәтижелері пісіріліп-ысталған шұжықтарды дайындауда сығындылар мен қарасора ақуызының 5% енгізілген тәжірибелік үлгі тартымды өзіндік түрі және кесіндіде түйіршікті қосындылары бар екенін көрсетті.

Үлгілердің кесіндісіндегі түс қызыл-қызылт, сұр дақтары жоқ, қабықтың жанында да, шұжықтың ортасында да біркелкі. Пісіріліп-ысталған шұжықтарға тән иісі жағымды. Дәмі орташа тұзды, бөтен дәмі жоқ.

Тәжірибелік бақылау консистенциясы өте серпімді, орташа нәзік.

Жүргізілген зерттеулер негізінде 10% мөлшерінде сығындылар мен қарасора ақуызын енгізе отырып, дайын шұжық өнімдерінің жоғары органолептикалық сипаттамалары анықталды.

Кестеде сығындылар мен қарасора ақуызы қосылған пісіріліп-ысталған ет өнімдерінің жаңа түрінің сапа көрсеткіштерін бағалау нәтижелері келтірілген.

Сығындылар мен қарасора ақуызы қосылған дайын өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері, өнімге қойылатын талаптарға сәйкес келетіндігін көрсетті.

Кесте 2 – Пісіріліп – ысталған шұжықтың сапа көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Сығындылармен	Бақылау
Массалық үлес, %		
ылғалдылығы	60,48±0,05	63,66±0,05
ақуыз	25,23±0,05	22,75±0,08
Майда еритін антиоксиданттар, мг / г	0,08±0,0004	0,11±0,0010
Суда еритін антиоксиданттар, мг / г	0,49±0,0034	0,36±0,0038
ЫҰҚ, %	60,46±0,02	63,16±0,02
ЫБҚ, %	59,60±0,02	56,84±0,05
МБҚ, %	54,18±1,02	57,21±0,85

Пісіріліп-ысталған шұжық дайындауда құрамына сығындылар мен қара сора ақуызын қосу дайын өнімдегі ақуыздың массалық үлесін едәуір арттырады. Адам рационының энергетикалық шамадан тыс жүктелуіне байланысты майдың азаюы оң фактор болып табылады.

Әрі қарай дайын өнімдегі биологиялық белсенді заттардың құрамы зерттелді (3 кесте).

Дәрумендер саны бойынша жаңа рецепт үлгісінде айырмашылықтар байқалды. Бұл қоспаларды пайдалану арқылы дайын өнімнің биологиялық құндылығын арттыруға, ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Кесте 3 – Дайын өнімдегі биологиялық белсенді заттардың құрамы

Көрсеткіштер	Бақылау	Тәжірибе
ПҚМҚ, %	1,22	1,37
Дәрумендік құрамы, мг / 100 г өнім		
Пиридоксин (B6)	0,35	0,43
Рибофлавин (B2)	0,180	0,195
Тиамин (B1)	0,250	0,286
Токоферол	0,301	0,708
Флавоноидтар	–	0,14
Каротиноидтар, мг %	–	0,20

B-каротин мен токоферолдың физиологиялық рөлінің ерекшелігі ағзадағы липидтердің асқын тотығу процестеріне қатысуы, негізінен мембраналық құрылымдарға дайын өнімнің сапасын сақтауға көмектеседі.

4-кестеде дайын өнімді тұтыну кезінде адам ағзасына дәрумендердің орташа тәуліктік физиологиялық қажеттілігіне сәйкес қамтамасыз ету туралы мәліметтер келтірілген.

Кесте 4 – Дайын өнімдегі биологиялық белсенді заттардың құрамы

Көрсеткіштер	Тәуліктік норма Қажеттіліктер	Бақылау	Тәжірибе
ПҚМҚ, %	11 мг/сут	1,22	1,37
Пиридоксин (B6)	1,8-2,0 мг/сут	0,35	0,43
Рибофлавин (B2)	1,8 мг/сут	0,180	0,195
Тиамин (B1)	1,5 мг/сут	0,250	0,286
Токоферол	7,8 мг/экв. Сут	0,301	0,708
Флавоноидтар, мг/100 г	–	–	0,14
Каротиноидтар, мг /100 г	–	–	0,20

4 кестедегі мәліметтерге сәйкес зерттелетін үлгілер адам ағзасына пиридоксин мен  $\beta$  – каротинге күнделікті қажеттілік шамамен 20%, тиамин мен токоферолға күнделікті қажеттілік 10%-дан астам және рибофлавинге шамамен 8%-ды құрады. Шұжық өнімінің рецептурасына 5% сығынды енгізген кезде токоферолдың мөлшері 2,5 есе артады.

Пісіріліп-ысталған ет өнімінің 100 г үлгісін тұтынған кезде адам ағзасының полиқаньқапаған май қышқылдарына орташа тәуліктік физиологиялық қажеттілігін қанағаттандырудың есептелген дәрежесі 10%-дан асады.

Ұсынылған зерттеу нәтижелері пісіріліп-ысталған тағамды арнайы немесе функционалды мақсаттағы өнімдерге жатқызуға мүмкіндік береді, өйткені осы өнімдердің 100 г тұтынуымен ПҚМҚ, рибофлавин, тиамин, пиридоксин және токоферолға адам ағзасының орташа тәуліктік физиологиялық қажеттілігінің 10%-дан астамы қамтамасыз етіледі. Пісіріліп-ысталған шұжықтың әзірленген рецепті тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары шұжықтардың ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Сақтау процессінде 0-4°C температурада 35 тәулік бойы сақталған пісіріліп-ысталған шұжықтың сапалық көрсеткіштерін анықтау үшін дайын өнім сапасының микробиологиялық көрсеткіштерін, яғни – ПҚМҚ анықтау, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, патогендік микрофлора, оның ішінде *Salmonella*, сульфитредуциялы кластридтің болуы зерттелді.

Зерттеу барысында *E. coli* тобының бактериялары, *S. aureus*, патогендік микроорганизмдер, соның ішінде *Salmonella* және сульфитредуктивті клостридиялар бүкіл зерттеу кезеңінде шұжық үлгілерінен табылған жоқ. «Ет және ет өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» ТР ТС 034/2013 белгілеген қауіпсіздіктің микробиологиялық көрсеткіштеріне қосымша, МАФАНММ санау негізінде пісіріліп-ысталған шұжықтарды (бақылау үлгісі мен прототиптің мысалында) сақтау барысында микрофлораның өсу динамикасын зерттеу жүргізілді (сурет 2). Бақылау және прототиптік үлгілердегі бактериялардың жалпы санының өсуі ұқсас сипатта болды және зерттеудің соңғы нүктесінде МАФАНММ мәні  $2,2-2,4 \times 10^4$  КҚБ/г шегінде болды, яғни прототиптік және бақылау үлгілеріндегі микроорганизмдердің өсу динамикасындағы айырмашылықтар маңызды емес.

Келесі кестеде сынама нәтижелері көрсетілген.

Кесте 5 – Бақылау үлгісі мен дайын өнімді сақтау процессінде микрофлораның өзгеруі

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	ҚҚ бойынша Норма	Нақты нәтижелер			
		1 күн	15 күн	21 күн	36 күн
1					
Мезофильді аэробты және факультативті - анаэробты саны 1 г микроорганизмдер	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^2$
БГКП (колиформалар) 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады
<i>Str.Aureus</i> в 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады
Сульфитредуктивті клостридиялар 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады

Кесте 6 – Бақылау үлгісі мен дайын өнімді сақтау процессінде микрофлораның өзгеруі

Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	ҚҚ бойынша Норма	Нақты нәтижелер			
		1 күн	15 күн	21 күн	36 күн
1					
Мезофильді аэробты және факультативті - анаэробты саны 1 г микроорганизмдер	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^2$	$9 \cdot 10^2$	$14 \cdot 10^2$
БГКП (колиформалар) 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады
<i>Str.Aureus</i> в 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады
Сульфитредуктивті клостридиялар 1 г	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады	байқалмады



Сурет 2 – Сақтау барысында МАФАНММ көрсеткішінің өсу динамикасы

Жүргізілген эксперимент нәтижесінде сығындыларды және қарасора ақуызын енгізу дайын өнімнің қауіпсіздігін микробиологиялық тұрғыдан 35 күн бойы сақтауға ықпал ететіні анықталды, бұл стандартқа сәйкес келеді. Сығындыларды және қарасора ақуызын қосу дайын өнімде табиғи антиоксиданттар болып табылатын токоферолдардың,  $\beta$ -каротиннің және флавоноидтардың болуын қамтамасыз етеді.

Сақтау кезінде тағамның бұзылуын анықтайтын процестердің бірі-өнімнің май компонентінің тотығуы. Липидтердегі тотығу процестері құрамында 2%-дан астам май бар тағамдардың сапасына әсер етеді, сондықтан оның қажетсіз өзгерістерге ұшырамауы маңызды. Майлардың тотығуы – бұл радикалды тізбекті механизм арқылы жүретін күрделі процесс. Майлардың тотығуының алдын алу май өнімдерін өндіру мен сақтаудағы негізгі міндеттердің бірі болып табылады.

Дайын өнімді (5-8)°C температурада және ауаның салыстырмалы ылғалдылығы (75-80)% салқындалған үй – жағыдайында ілулі күйде сақтайды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде сығындылар мен қарасора ақуызының қосылуы май компонентінің тотығу процесінің баяулауына айтарлықтай әсер етеді деген қорытынды жасауға болады. Пісіріліп-ысталған шұжықтың сақтау мерзімі бақылаумен салыстырғанда өсті, бұл табиғи антиоксиданттарды енгізуге байланысты.

Өнеркәсіптік сынақтан өткізу және оны өндіріске енгізу «Первомайские деликатесы» ЖШС кәсіпорнында жүзеге асырылды, енгізу актілері қоса берілді.

Сондай-ақ, пісіріліп-ысталған шұжықтардың аминқышқылдарының құрамы: тәжірибелік және бақылау үлгісі зерттелді. Алынған нәтижелер 6,7-кестеде келтірілген.

Кесте 7 – Пісіріліп-ысталған шұжықтардың бақылау үлгісінің аминқышқылдарының құрамы

	Уақыт	Компонент	Биіктігі	Басталуы	Аяқталуы	Ауданы	Конц., мг/100г	Аминқышқылдарының массалық үлесі, %
1	6.188		3.018	6.135	6.225	70.82	0.00	0,00
2	6.285	аргинин	4.417	6.225	6.410	101.4	110.0	2,422±0,096
3	8.288	лизин	9.456	8.203	8.387	260.2	120.0	2,642±0,898
4	8.540	тирозин	1.899	8.495	8.592	41.32	43.0	0,947±0,284
5	8.653	фенилаланин	2.596	8.593	8.703	58.75	56.0	1,233±0,370
6	8.873	гистидин	1.665	8.807	8.965	45.61	43.0	0,947±0,473
7	9.182	лейцин+изолейцин	4.905	9.087	9.270	255.3	93.0	2,048±0,532
8	9.340	метионин	1.847	9.270	9.380	54.06	45.0	0,991±0,337
9	9.448	валин	3.942	9.380	9.528	145.9	97.0	2,136±0,854
10	9.598	пролин	4.153	9.528	9.630	113.8	70.0	1,541±0,308
11	9.703	треонин	2.583	9.630	9.768	103.9	67.0	0,417±0,401
12	10.015	серин	3.156	9.913	10.057	105.2	56.0	1,475±0,590
13	10.145	аланин	6.359	10.057	10.218	238.4	100.0	2,202±0,572
14	10.655	глицин	6.779	10.530	10.740	246.3	84.0	1,849±0,629

Кесте 8 – Пісіріліп-ысталған шұжықтардың тәжірибелік үлгісінің аминқышқылдық құрамы

	Уақыт	Компонент	Биіктігі	Басталуы	Аяқталуы	Ауданы	Конц., мг/100г	Аминқышқылдарының массалық үлесі, %
1	6.152		2.934	6.100	6.208	74.5	0.00	0,00
2	6.247	аргинин	4.048	6.208	6.377	81.9	93.0	2,000±0,800
3	8.198	лизин	8.747	8.117	8.247	218.1	100.0	2,151±0,731
4	8.442	тирозин	1.839	8.402	8.482	37.66	39.0	0,839±0,252
5	8.552	фенилаланин	2.602	8.498	8.598	55.76	53.0	1,140±0,342
6	8.762	гистидин	1.539	8.690	8.825	39.51	37.0	0,796±0,398
7	9.057	лейцин+изолейцин	4.740	8.962	9.157	235.3	86.0	1,849±0,481
8	9.208	метионин	1.680	9.157	9.248	44.79	37.0	0,796±0,271
9	9.315	валин	4.411	9.248	9.697	144.6	96.0	2,065±0,826
10	9.462	пролин	4.410	9.397	9.512	116.9	72.0	1,548±0,403
11	9.572	треонин	3.551	9.512	9.622	85.67	55.0	1,183±0,473
12	9.858	серин	2.786	9.790	9.898	82.64	44.0	0,946±0,246
13	9.985	аланин	6.523	9.898	10.052	229.9	97.0	2,086±0,542
14	10.482	глицин	7.377	10.357	10.548	262.3	90.0	1,935±0,658

Зерттелетін дайын өнімнің ақуыз биологиялық құндылығын бағалау да жүргізілді. Есептеу нәтижелері 9-10 кестелерде келтірілген.

Кесте 9 – Пісіріліп-ысталған шұжықтың бақылау үлгісіндегі ақуыздың биологиялық құндылығын есептеу нәтижелері

Амин қышқылдар	Көрсеткіштер							
	мазмұны, мг%	Aj, г/100г	Acj, г/100г	Cj, %	ΔPAC, %	KPAC, %	БЦ, %	aj
лизин	865	5,15	5,5	93,6	33,3	22,34	77,6	0,64
Тирозин+ фенилаланин	1021	6,08	6,0	101,3	41,0			0,60
лейцин+изолейцин	1616	9,62	11,0	87,5	27,2			0,69
метионин	458	2,73	3,5	78,0	17,7			0,77
валин	746	4,44	5,0	88,8	28,5			0,68
треонин	405	2,41	4,0	60,3	-			1
триптофан	116	0,69	1,0	69,0	8,7			0,87

Кесте 10 – Пісіріліп-ысталған шұжықтың тәжірибелік үлгідегі ақуыздың биологиялық құндылығын есептеу нәтижелері

Амин қышқылдар	Көрсеткіштер							
	мазмұны, мг%	Aj, г/100г	Acj, г/100г	Cj, %	ΔPAC, %	KPAC, %	БЦ, %	Aj
лизин	1152	6,2	5,51	112,7	28,9	19,9	80,1	0,75
Тирозин+ фенилаланин	1232	6,62	6,1	110,3	26,5			0,77
лейцин+изолейцин	2195	11,79	11,1	107,2	23,4			0,79
метионин	685	3,65	3,51	104,2	20,3			0,82
валин	1009	5,42	5,1	108,3	24,5			0,79
треонин	626	3,36	4,1	83,9	-			1,1
триптофан	190	1,1	1,1	100,1	16,3			0,85

Дайын өнімдегі аминқышқылдары мен ақуыздың биологиялық құндылығы көрсеткіштерінің жоғарылауына қосылған сығындылар мен қара сора ақуызының мөлшеріне тікелей тәуелділігі анықталды.

Ғылыми нәтижелерді талқылау. Қарастырылып отырған пісіріліп-ысталған шұжық үлгілерінде шектеуші амин қышқылы – треонин анықталды. Ет шикізатын 5%-ға дейін сығындылар мен қара сора ақуызын пайдалануда биологиялық құндылығын 2,48%-ға арттыруға ықпал етті, шектеу қышқылының C<sub>1</sub> аминқышқылының жылдамдығы 17,9%-ға артады. Бақылау үлгісімен салыстырғанда тәжірибелік үлгінің биологиялық құндылығы 2,48%-ға жақсарды. Треонинді қоспағанда, қалған маңызды аминқышқылдары пісіріліп-ысталған шұжықтың прототипінде C<sub>j</sub> 100%-дан асады.

Дайын өнімді зерттеу пісіріліп-ысталған ет өнімдерін өндіруде шырғанақ, розмарин, зімбір және қарасора ақуызынан алынған сығындыларды қолдану өнімнің сапалық көрсеткіштеріне оң әсер ететінін және тиімді екенін көрсетті. Жүргізілген зерттеулер негізінде сығындылар мен қара сора ақуызынан алынған ұнтақты 5% мөлшерінде пайдаланып жасалған дайын шұжық өнімдерінің жоғары органолептикалық сипаттамалары анықталды.

### Қорытынды

Қорытындылай келгенде шырғанақ, розмарин, зімбір және қарасора ақуызынан алынған сығындыларды қолдана отырып пісіріліп-ысталған шұжық биологиялық құндылығы жоғары өнім алуға мүмкіндік береді. 5% сығынды қолданылған үлгі нәтижелері сығындыларды және қарасора ақуызын дайын өнімге енгізу дайын өнімнің қауіпсіздігін микробиологиялық тұрғыдан 35 күн бойы сақтауға ықпал ететіні анықталды. Сығындыларды және қарасора ақуызын қосу дайын өнімде табиғи антиоксиданттар болып табылатын токоферолдардың, β-каротиннің және флавоноидтардың болуын қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, пісіріліп-ысталған шұжық өнімінің органолептикалық көрсеткіші анықталды. Дайын өнім жоғары көрсеткішке ие болды. Дайын өнім өнеркәсіптік сынақтан өткізілді және оны өндіріске енгізу «Первомайские деликатесы» ЖШС кәсіпорнында жүзеге асырылды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Продукты из конопли, применение и полезные свойства / Л.Т. Хуснуллина и др. // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: Матер. Междунар. конф. / Пенза, 2022. – С. 250-251.
2. Производство, усвояемость и аллергенность белковых изолятов конопли (*Cannabis sativa* L.) Г. Мамоне, Г. Пикариелло, А. Рамондо и др. // Междунар. исследования в области пищевых продуктов. 2019. – № 115 – С. 562-571. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.017>.
3. Характеристика побочных продуктов переработки конопляного масла / М. Пойич, А. Мишан, М. Сакач и др. // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. – 2014. – № 62(51). – С.12436-12442. <https://doi.org/10.1021/jf5044426>.
4. Агафонова С.В. Антиоксидантная активность СО<sub>2</sub>-экстрактов некоторых растений и перспективы их использования в технологии пищевых рыбных жиров / С.В. Агафонова, Л.С. Байдалинова // Вестник Международной академии холода. – 2015. – № 2. – С. 13-17.
5. Экстракция и характеристика белка из пяти различных насекомых / Ви Лия, Эйсер-Шадлер Верена, М.М. Катриона // 59-й Междунар. конгресс мясной науки и технологии, 2013. – С.10.
6. Терентьев С.Е. Разработка технологии получения пшеничноконопльной муки / С.Е. Терентьев // Междунар. исследовательский журнал. – 2021. – № 8-1(110). – С. 98-102.
7. Лукин А.А. Перспективы применения конопляной муки в технологии производства хлеба / А.А. Лукин, А.В. Зимин // Вестник современных исследований. – 2017. – № 9-1(12). – С.1-4.
8. Дрогаева Т. Инвестиции прирастут травой / Т. Дрогаева, Д. Сунагатуллина // Коммерсант Екатеринбург. – 2022. – № 108. <https://www.kommersant.ru/doc/5422442>.
9. Зубцов В.А. Гидроколлоиды семян льна и конопли в функциональных и специализированных пищевых продуктах / В.А. Зубцов, Д.П. Ефремов, Е.В. Зубцова // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 1(26). – С.369-373.
10. Использование нового пищевого ингредиента в производстве мясных продуктов функционального назначения / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Ю.Д. Данилов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. / Волгоград. – 2018. – № 4(52). – С.219-229.

#### References

1. Produkty iz konopli, primenenie i poleznye svoistva / L.T. Khusnullina i dr. // Innovatsionnye idei molodykh issledovatelei dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii: Mater. Mezhdunar. konf. / Penza, 2022. – S. 250-251. (In Russian).
2. Proizvodstvo, usvoyaemost' i allergennost' belkovykh izolyatov konopli (*Cannabis sativa* L.) G. Mamone, G. Pikariello, A. Ramondo i dr. // Mezhdunar. issledovaniya v oblasti pishchevykh produktov. 2019. – № 115 – S. 562-571. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.017>. (In Russian).
3. Kharakteristika pobochnykh produktov pererabotki konoplyanogo masla / M. Poiich, A. Mishan, M. Sakach i dr. // Zhurnal sel'skokhozyaistvennoi i pishchevoi khimii. – 2014. – № 62(51). – S.12436-12442. <https://doi.org/10.1021/jf5044426>. (In Russian).
4. Agafonova S.V. Antioksidantnaya aktivnost' SO<sub>2</sub>-ehkstraktov nekotorykh rastenii i perspektivy ikh ispol'zovaniya v tekhnologii pishchevykh rybnykh zhirov / S.V. Agafonova, L.S. Baidalinova // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. – 2015. – № 2. – S. 13-17. (In Russian).
5. Ehkstraktsiya i kharakteristika belka iz pyati razlichnykh nasekomykh / Vi Liya, Ehisner-Shadler Verena, M.M. Katriona // 59-i Mezhdunar. kongress myasnoi nauki i tekhnologii, 2013. – S.10. (In Russian).
6. Terent'ev S.E. Razrabotka tekhnologii polucheniya pshenichnokonoplyanoi muki / S.E. Terent'ev // Mezhdunar. issledovatel'skii zhurnal. – 2021. – № 8-1(110). – S. 98-102. (In Russian).



7. Lukin A.A. Perspektivy primeneniya konoplyanoi muki v tekhnologii proizvodstva khleba / A.A. Lukin, A.V. Zimin // Vestnik sovremennykh issledovaniy. – 2017. – № 9-1(12). – S.1-4. (In Russian).
8. Drogaeva T. Investitsii prirastut travoi / T. Drogaeva, D. Sunagatullina // Kommersant Ekaterinburg. – 2022. – № 108. <https://www.kommersant.ru/doc/5422442>. (In Russian).
9. Zubtsov V.A. Gidrokolloidy semyan l'na i konopli v funktsional'nykh i spetsializirovannykh pishchevykh produktakh / V.A. Zubtsov, D.P. Efremov, E.V. Zubtsova // Aktual'naya biotekhnologiya. – 2018. – № 1(26). – S.369-373. (In Russian).
10. Ispol'zovanie novogo pishchevogo ingredienta v proizvodstve myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya / I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, YU.D. Danilov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. / Volgograd. – 2018. – № 4(52). – S.219-229. (In Russian).

**К.М. Букарбаев<sup>1</sup>, Ш.А. Абжанова<sup>1</sup>, А.Ч. Каташева<sup>1</sup>, А.У. Байбекова<sup>1</sup>, А.Б. Бейсембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет,  
Республика Казахстан, город Алматы, улица Толе би 100  
\*e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВАРЕНО-КОПЧЕНОЙ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*В статье представлены результаты исследований, проведенных для обогащения готового продукта антиоксидантными свойствами с использованием экстрактов облепихи, имбиря, розмарина и конопляного белка при производстве варено-копченой колбасы.*

*В статье представлены результаты исследования физико-химических и органолептических характеристик варено-копченой колбасной продукции. Одним из важных показателей при определении качества сырья и выборе его в качестве сырья для дальнейшей переработки являются его физико-химические свойства и органолептические показатели. Получены результаты исследований для определения физико-химических показателей и органолептических показателей качества варено-копченой колбасы в лабораторных условиях.*

*Были проведены исследования параметров безопасности экстракта и конопляного белка для получения варено-копченой колбасы гарантированного качества. Также были проведены исследования по витаминному составу, микробиологическим показателям и аминокислотному составу готового продукта. По количеству витаминов определяли содержание тиамина, рибофлавина и пиридоксина в готовом продукте.*

*Результаты исследования позволяют рассмотреть возможность использования экстрактов и конопляного белка в производстве варено-копченой колбасы и расширения ассортимента колбасных изделий.*

*Срок хранения варено-копченой колбасной продукции достиг 35 суток, в период хранения определен микробиологический показатель продукции и проведено исследование динамики роста микрофлоры в процессе хранения.*

**Ключевые слова:** *говядина, экстракты, белок конопли, биологическая ценность, микробиологические показатели, технология.*

**К.М. Bukarbaev<sup>1</sup>, Sh.A. Abzhanova<sup>1</sup>, A.Ch. Katasheva<sup>1</sup>, A.U. Baibekova<sup>1</sup>, A.B. Beisembayeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Almaty Technological University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty city, 100 Tole bi street  
\*e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru

### **STUDY OF THE QUALITY OF COOKED SMOKED MEAT PRODUCTS**

*The article presents the results of research conducted to enrich the finished product with antioxidant properties using extracts of sea buckthorn, ginger, rosemary and hemp protein in the production of cooked-smoked sausage.*

*The article presents the results of the study of physicochemical and organoleptic characteristics of cooked-smoked sausage products. One of the important indicators in determining the quality of raw materials and selecting them as raw materials for further processing are their physico-chemical properties and organoleptic characteristics. Research results were obtained to determine the physico-chemical parameters and organoleptic quality indicators of cooked-smoked sausage in laboratory conditions.*

*Studies were conducted on the safety parameters of extract and hemp protein to obtain cooked-smoked sausage of guaranteed quality. Also studies on vitamin composition, microbiological parameters and amino acid composition of the finished product were carried out. By the amount of vitamins, the content of thiamine, riboflavin and pyridoxine in the finished product was determined.*

*The results of the study allow us to consider the possibility of using extracts and hemp protein in the production of cooked-smoked sausage and expanding the range of sausage products.*

*The shelf life of cooked-smoked sausage products reached 35 days, during the storage period the microbiological index of the products was determined and the dynamics of microflora growth during storage was investigated.*

**Key words:** *beef, extracts, hemp protein, biological value, microbiological indicators, technology.*

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Кайнар Букарбаев** – «Тағамдық биотехнология» кафедрасының доктаранты, АТУ, Алматы, Қазақстан, e-mail: kainar1982-05@mail.ru.

**Шолпан Аманкелдықызы Абжанова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының асс.профессоры, АТУ, Алматы, Қазақстан, e-mail: sholpan-ab@mail.ru.

**Алма Чамаевна Каташева** – ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының асс.профессоры, АТУ, Алматы, Қазақстан, e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru.

**\*Әйгерім Уакитқызы Байбекова** – техника ғылымдарының магистрі, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының ассистенті, АТУ, Алматы, Қазақстан, e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru.

**Айгерим Болатовна Бейсембаева** – техника ғылымдарының магистрі, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының ассистенті, АТУ, Алматы, Қазақстан, e-mail: erema\_gera@mail.ru.

#### **Сведения об авторах**

**Кайнар Букарбаев** – доктарант кафедры «Пищевая биотехнология», АО АТУ г.Алматы, Казахстан; e-mail: kainar1982-05@mail.ru.

**Шолпан Аманкелдықызы Абжанова** – кандидат технических наук, асс. профессор кафедры «Пищевая биотехнология», АО АТУ, г.Алматы, Казахстан; e-mail: sholpan-ab@mail.ru.

**Алма Чамаевна Каташева** – кандидат сельскохозяйственных наук, асс. профессор кафедры «Пищевая биотехнология», АО АТУ, г.Алматы, Казахстан. e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru.

**\*Айгерим Уакитовна Байбекова** – магистр технических наук, ассистент кафедры «Пищевая биотехнология» АО АТУ, г.Алматы, Казахстан. e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru.

**Айгерим Болатовна Бейсембаева** – магистр технических наук, ассистент кафедры «Пищевая биотехнология» АО АТУ г.Алматы, Казахстан. e-mail: erema\_gera@mail.ru.

#### **Information about the authors**

**Kainar Bukarbaev** – doctor student of the Department of Food Biotechnology, JSC ATU Almaty, Kazakhstan; e-mail: kainar1982-05@mail.ru.

**Sholpan Amankeldykyzy Abzhanova** – candidate of technical sciences, ass. professor of the Department «Food Biotechnology», JSC ATU, Almaty, Kazakhstan; e-mail: sholpan-ab@mail.ru.

**Alma Chamaevna Katasheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Food Biotechnology, JSC ATU, Almaty, Kazakhstan. e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru.

**\*Aigerim Uakitkyzy Baibekova** – Master of Technical Sciences, Assistant of the Department of Food Biotechnology JSC ATU, Almaty, Kazakhstan. e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru.

**Aigerim Bolatovna Beisembayeva** – Master of Technical Sciences, Assistant of the Department of Food Biotechnology JSC ATU, Almaty, Kazakhstan. e-mail: erema\_gera@mail.ru.

*Редакцияға енуі 14.02.2024*

*Жариялауға қабылданды 27.03.2024*

**Г.Д.Шамбулова\*, Д.А.Тлевлесова, Г.Н.Жаксылыкова, Ж.С. Набиева**

Алматы технологиялық университеті,  
050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би, 100  
\*e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru

## **ЖАРМА ҰНТАҒЫНАН ДАЙЫНДАЛҒАН ЖЕУГЕ ЖАРАМДЫ ЫДЫСТАР**

**Аңдатпа:** Қазіргі кезде қоғамдық тамақтандыру орындарында қол еңбегін жеңілдету, уақытты үнемдеу және тамақтануда ағзаға зиянсыз ыдыстар мен қаптамаларды қолдану ойландыратын мәселе. Сондықтан, бұл жұмыста қоғамдық тамақтандыру орындарында экологиялық таза, үнемді, инновациялық бір ретті және қалдықсыз қолданылатын ыдыстарды жасау қарастырылған.

Қарастырылатын бір реттік ыдыстар жеуге жарамды материалдан жасалған, сонымен қатар дәстүрлі шыны, қыш немесе пластикадан жасалған қоғамдық тамақтану саласында қолданылатын функционалды ыдыстарды ауыстыру ретінде қызметін атқара алады.

Жұмыста жарма ұнтағынан жеуге жарамды ыдыстар алынды. Жармадан бидай және күріш ұны мен жүгері және күріш ұндарының қоспаларынан екі үлгі дайындалып, олардың тағамдық құндылығы, пайдалану тиімділігі салыстырылды.

Пісірілген тағамды жеуге жарамды материалдан жасалған ыдыстарға салу үшін, алдымен жармалы ұннан қатты қамыр дайындалып «кесе» пішінді қалыптап пісірілді. Дайын жеуге жарамды ыдыстың ыстық дайын тамақты ұстау төзімділігі уақытқа қарай бақыланды.

Зерттелген үлгілердің су сіңіруі мүмкіндігі бойынша барлық көрсеткіштер 228-250% шамасында болды, энергетикалық құндылықтары 100 г. өнім үшін 395,6 және 397,2 ккал болды.

Бір ретті қолданылатын жеуге жарамды ыдыстар-тамақ таратудағы уақыт үнемділігі, қол еңбегін жеңілдету (ыдысты жуу), экологиялық таза және тамақ дайындаудағы термиялық аспаздық өңдеу процесіндегі шығындарды қысқартуға мүмкіндік беретін тиімді ыдыс.

**Түйінді сөздер:** бидай ұны, күріш ұны, жүгері ұны, қатты қамыр, жармалар.

### **Кіріспе**

Жеуге жарамды ыдыстардың басты тиімділігі, тағамдардың қауіпсіздігі мен экологиялық тазалығы, уақыт үнемділігі, әсіресе оны қоғамдық тамақтандыру және буфет қызметтерінде немесе табиғатқа дем алуға шыққанда қолайлылығын айтуға болады. Мұндай мақсаттарда жиі қолданылатын пластикалық бір реттік ыдыстар қазіргі кезде үлкен проблемаға айналды, өйткені қалдықтардың бұл түрі көбінесе қайта өңделмейді және суды, ауаны және жалпы әлемді улы заттармен ластайды. Қазір елімізде бір реттік ыдыстарды қайта өңдеу өте төменгі деңгейде [1].

Бидайдан ыдыс жасау процесін поляк азаматы Ежи Высоцкий ойлап тапқан. Заманауи және жылдам дамып келе жатқан табиғи және тағамдық бидай кебегінен жасалған толық биологиялық ыдырайтын ыдыс пен ас құралдарының дайындау кең ауқым алуда [2].

Ыдыс жасаудың экологиялық таза технологиялық процесі табиғи шикізат бидай кебегінен және аз мөлшерде судан тұрады. Қалғаны жоғары қысым мен жоғары температураның көмегімен жасалады. Мұндай өндіріс процесі судың, минералдардың немесе химиялық қосылыстардың айтарлықтай мөлшерін қажет етпейді [3].

Жарма ұнынан дайындалған жеуге жарамды ыдыстарды дайындаудың үш негізгі кезеңдері бар. Қасиеттеріне қарай негізгі компоненттерді таңдау, оларды пісіретін қалыптарды пайдалану және өнімді термиялық өңдеп дайындыққа жеткізу. Бірінші кезеңде жеуге жарамды ыдыстар жасау үшін қажет негізгі компоненттерді таңдау және дайындауға күріш, бидай, жүгері, су және дәмдеуіштер қолданылады. Екінші кезеңде дайын өнімге қажетті көрініс беру үшін арнайы пішіндегіштер мен құралдар таңдалады. Пішіндегіштерде қамыр массасы қатаяды. Жеуге жарамды ыдыстарды жасаудың соңғы, үшінші кезеңінде оны қажетті дайындыққа жеткізу. Қуыру немесе қатайту сияқты термиялық өңдеу қажет. Осы кезеңде жеуге жарамды дайын ыдыстарды ыстық піскен тағаммен толтырып тұтынушыға ұсыну жүргізіледі [4].

Сондықтан, қолданылуы тиімді және дайындалуы жеңіл жеуге жарамды ыдыстардың ассортиментін арттыру мен пайдалы компонентке бай шикізаттарды кеңінен пайдаланып жаңа ыдыс дайындау біздің жұмысымыздың басты мақсаты. Осы мақсатты жүзеге асыру үшін келесі міндеттер алға қойылды: жеуге жарамды ыдыстардың сынамасын дайындау және зерттемесін жүргізу; жаңа өнімнің арнайы технологиясы мен рецептурасын құру; жаңадан алынған жеуге жарамды ыдыстың тиімділігін көрсету [5].

### **Зерттеу материалдары мен әдістемесі**

Зерттеу нысаны ретінде бақылаушы үлгі ретінде Алматы қаласындағы «Arba» фастфуд дүңгіршегі «жеуге жарамды стакандағы езде сорпа» алынды. Жарма ұнынан дайындалған жеуге жарамды ыдыс үлгілерін зерттеу үшін екі зерттеме үлгісі алынды:

1. Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе пішінді ыдыс.
2. Бидай және күріш ұнынан жасалған кесе пішінді ыдыс.

Зерттеу сынамасын жасау үшін бірнеше өлшеу жұмыстарынан кейін төмендегі рецептура қабылданды.

Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе пішінді ыдыс сынамасын дайындау үшін құрылған рецептура 1-кестеде көрсетілген.

**Кесте 1 – Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тағамының рецептурасы**

Шикізаттың атауы	Бір үлеске арналған өнім мөлшері	
	Брутто, г	Нетто, г
Жүгері ұны	54,32	54
Күріш ұны	54,27	54
Қамырға арналған қопсытқыш	1,6	1,6
Ас тұзы	2	2
Өсімдік майы	10	10
Бір үлеске шығымы:		100

Бидай және күріш ұнынан жасалған кесе пішінді ыдыс сынамасын дайындау үшін құрылған рецептура 2-кестеде көрсетілген.

**Кесте 2 – Бидай және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тағамының рецептурасы**

Шикізаттың атауы	Бір үлеске арналған өнім мөлшері	
	Брутто, г	Нетто, г
Бидай ұны	54,43	54
Күріш ұны	54,27	54
Қамырға арналған қопсытқыш	1,6	1,6
Ас тұзы	2	2
Өсімдік майы	10	10
Бір үлеске шығымы:		100

Жеуге жарамды кесенің органолептикалық сипаттамаларын анықтау.

Жеуге жарамды кесеге МЕМСТ 31986-2012 стандарты бойынша органолептикалық көрсеткіштерін анықтау жұмысы жүргізілді. Жұмыс барысында жеуге жарамды кесенің таза салмағы немесе бөлшек құрамының масалық үлесін анықтау әдістері қолданылды. Органолептикалық көрсеткіштері бойынша хош иісі, дәмі, түрі, сыртқы көрінісі, тығыздығы анықталды.

Алынған қаптаманың ылғал сіңіру қабілетін анықтау.

Алынған жеуге жарамды қаптамалардың үлгілерінің ылғал сіңіру қабілеті анықталды, оларды температурасы 25°C болатын дистилденген сумен толтырып және оны 60 мин стаканда ұстайды. Су сіңіру дәрежесі үшін эксперименттен кейінгі кесе массасының экспериментке дейінгі кесе массасына қатынасы қабылданды және ол пайызбен көрсетілді.

Тәжірибелер үш рет қайталанып жүргізілді. Алынған статистикалық өңдеу деректер MS Excel 2007 бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды.

Жұмыста бидай кебегінен дайындалатын жеуге жарамды ыдыстарды қолдануды дамыту қарастырылады. Жылу сипаттамалары бойынша бұл материал бидай нанының ұнтағына өте жақын. Осыған ұқсас материалдан жасалған қолданыстағы ыдыстың сипаттамаларына сәйкес, мұндай материалдар 230 °С дейінгі температураға төтеп бере алады. Ал, бұл температура тамақ өнімдерін наубайхана қуыру шкафтарында дәстүрлі термиялық өңдеуден өткізуге жеткілікті [6].

Жеуге жарамды ыдыстың негізін-су, пластификатор – глицерин, құрылымды құрайтын зат құрайтын, құрамында лимон қышқылы бар, ал құрылымдаушы ретінде-бидай крахмалы мен бидай кебегі келесі компоненттердің қатынасында, %: су 57,1 глицерин 8,4 бидай крахмалы 17,1 бидай кебегі 17,1 лимон қышқылы 0,3 қолданылған [7].

Жеуге жарамды пленкаларға бірқатар ерекше қасиеттер беру үшін олардың құрамына әртүрлі қоспалар енгізіледі: антиоксиданттық әсерді қалыптастыру үшін алма қабығының сығындысы, шай сығындысы, кассава өсімдігінің крахмалы, хитозан және бигуанидин гидрохлориді, бактерияға қарсы әсер ету қасиеттері үшін қалампыр, цитрал, даршын эфир майы. Жүзім тұқымының сығындысы пленкалардағы антивирустық қарсылықты күшейтеді, ал целлюлоза пробиотикалық әсерге ие [8].

Кебектен жасалған жеуге жарамды ыдыстарды өндіру және пайдалану бүгінгі күні бірнеше негізгі мәселелерді шеше алады: қайта өңдеу ұн тарту өндірісінің жанама қалдықтарын тиімді пайдалану, адамға және қоршаған ортаға зиянды бір реттік пластикті тұтынуды азайту, қоғамдық тамақтандыру кәсіпорындарында кәдімгі функционалды ыдыстарды пайдалану шығыстарын азайту [9].

Бір рет қолданылатын жеуге жарамды ыдыс, ол қамырдан пісіріліп, содан кейін салқындатылып, кептіріледі, ал қамырға арналған композицияда бидай ұны, бидай кебегі, қызылша ұнтағы және бастапқы компоненттердің келесі қатынасында су бар, салмағы.%: бидай кебегі 30-35, бидай ұны 20-26, тағамдық талшық қызылша 4-6, қалғаны су [10].

Жұмыста [11] жеуге жарамды полисахарид шикізаты негізінде биологиялық ыдырайтын бір реттік ыдыс-аяқ пен қаптама материалға негізделген. Ұсынылған дәнді кебек негізіндегі материал дәнді дақылдар қатарынан таңдалды: бидай кебегі, қара бидай кебегі, арпа кебек және басқа да ұқсас өнімдер астықты немесе дәнді кебек қоспасын өңдеу әр түрлі дақылдардан алынған дақылдар мен крахмал көздер, соның ішінде бидай, жүгері, картоп, күріш және арпа крахмалыдан алынған.

Бұл жұмыста, бір немесе бірнеше ұяларында оның конфигурациясын өзгертуге мүмкіндік беретін кіріктірілген реттелетін компоненті бар, сондықтан қосымша пішіндерді қажет етпей-ақ қалыптасатын тағам өнімінің конфигурациясы бар тағам нысанын жасауға болады.

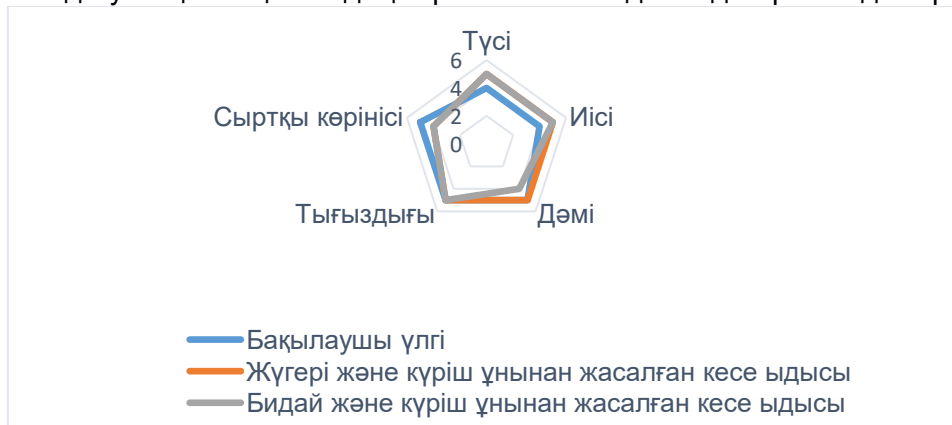
### Нәтижелер және талқылау

Жеуге жарамды кесенің органолептикалық талдауы бойынша олардың сарығыш түсі, жағымды дәмі мен хош иісі бар екенін көрсетеді. Дайындалған сынамалардың органолептикалық көрсеткіштеріне дегустациялық алты адамнан құралған топтың қорытынды баллдары жасалды.

Кесте 3 – Жеуге жарамды кеселердің органолептикалық көрсеткіштері

Жеуге жарамды кесенің сыртқы түрі	Органолептикалық көрсеткіштері
	<p>1. Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тағамы Түсі – ақшыл-сары Иісі – жүгері ұнының иісі басымырақ Дәмі – жүгері ұнының дәмі басымырақ Тығыздығы – жұмсақ Сыртқы көрінісі-сопақ кесе пішінді</p>
	<p>2. Бидай және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тағамы Түсі – ақшыл-қоңыр Иісі – жаңа піскен нанның иісі Дәмі – дәмді Тығыздығы – жақсы шайналады, жұмсақ Сыртқы көрінісі-сопақ кесе пішінді</p>

Алынған дегустациялық баллдық көрсеткіш төмендегі 1-диаграммада көрсетілген.

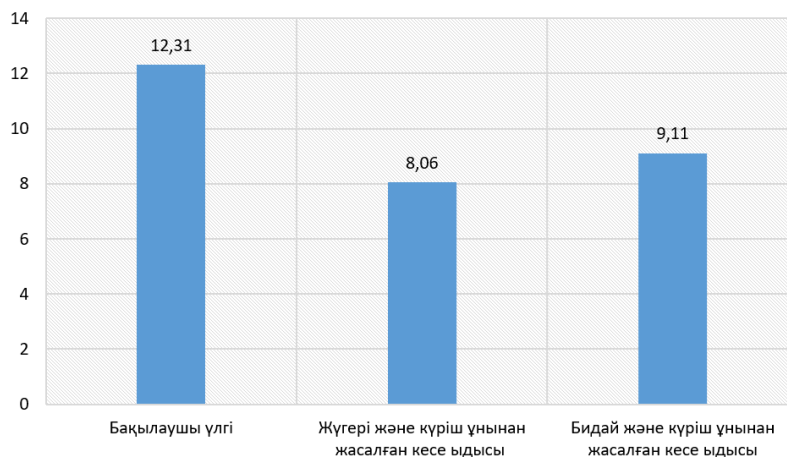


Сурет 1 – Жеуге жарамды кеселердің органолептикалық көрсеткіштерінің баллдық көрсеткіші диаграммасы

Зерттеу қорытындысы бойынша алынған сынамалардың дегустациялық баллдық көрсеткіші бақылаушы үлгіде 23 баллды, жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы 24 баллды, бидай және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы 23 баллды жинады. Яғни, органолептикалық көрсеткіштері бойынша жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы жоғары балл алды. Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тұтыныуда жеңіл, қытырлақ, жеңіл шайналатыны анықталды.

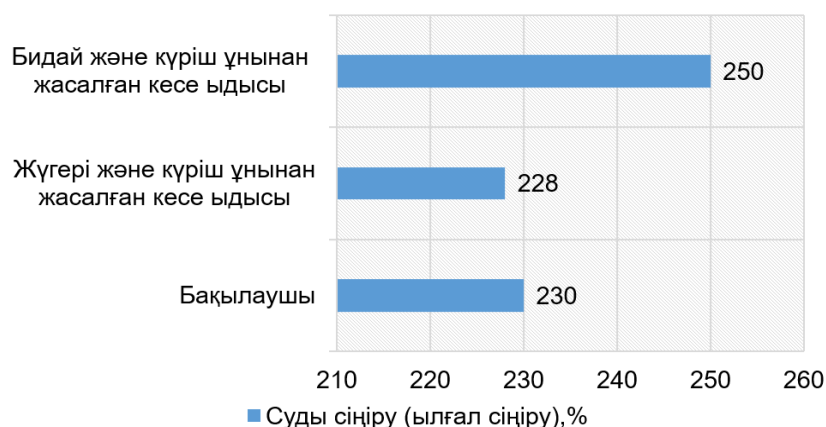
Жеуге жарамды ыдыстың ыстық тамақты құйғандағы ылғалдану ұзақтығын анықтау маңызды сипаттама болып табылады. Жеуге жарамды кесенің ылғалдылығының екі аспектісі бар. Бір жағынан, жеуге болатын кесенің ылғалдылығы неғұрлым төмен болса, олардың сақтау мерзімі неғұрлым ұзақ болады, микробиологиялық және физикалық химиялық зақымдану ықтималдығы төмен болады. Алайда, жеуге болатын кесенің ылғалдылығының тым төмен болуы олардың жоғары сынғыштығына және нашар шайналуына әкеледі [12].

Ылғалдылығы, %



Сурет 2 – Жеуге жарамды кесенің ылғалдылығы

Жеуге жарамды ыдыстарға арналған суды сіңіру (ылғал сіңіру) шешуші рөл атқарады, өнімнің суды жеткіліксіз сіңіруі оның асқазан мен ішекте нашар сіңуіне әкеледі. Осыған байланысты, біздің жеуге жарамды кесеміз суды сіңірудің қанағаттанарлық көрсеткіштеріне ие болуы керек еді, олар өздерінің пішінін және функционалды мақсатын жоғалтпай-ішіндегі сұйықтықты сақтайды [13]. Жеуге жарамды кесенің су сіңірілуін анықтау жөніндегі эксперименттердің нәтижелері 3-суретте ұсынылған.



Сурет 3 – Жеуге жарамды кесенің ылғалды сіңіру қасиеті

Зерттелген үлгілердің ылғалды сіңіру мүмкіншілігі бойынша барлық көрсеткіштер 228-250% шамасында болды. Жеуге жарамды кесенің функционалдық қасиеттеріне, яғни сапалық көрсеткіштеріне – олардың ылғал сақтау қабілеті, оларды әртүрлі сипаттағы сұйықтықтармен толтыру кезіндегі пішіні, тұтастығы және сыртқы түрінің сақталуы жатады. Сол себепті мұндай ыдыстарды дайындауда ылғалды сіңіру мүмкіншілігін білу маңызды болып табылады.

Жеуге жарамды кесенің (жүгері және күріш ұнынан, бидай және күріш ұнынан) энергетикалық құндылығы 100 г. өнім үшін есептеліп килокалория (ккал) анықталды.

Кесте 3 – Жүгері және күріш ұнынан жасалған кесе ыдысы тағамының тағамдық құндылығын есептеу

Шикізаттың атауы	Нетто, г	Ақуыз, г	Май, г	Көмірсу, г	кКал
Жүгері ұнтағы	54	3,89±0,10	0,81±0,02	37,91±0,9	178,20
Күріш ұнтағы	54	4,00±0,11	0,32±0,01	44,28±0,8	200,34
Қопсытқыш қамырға арналған	1,6	-	-	1,18	4,74
Құнбағыс майы	10	-	9,99	-	89,90
Барлығы	119,60	7,89	11,12	83,37	473,18
100 гр үшін барлығы		6,59	9,29	69,7	395,6

Кесте 4 – Бидай және күріш ұнынан жасалған кесе кесе ыдысы тағамының тағамдық құндылығын есептеу

Шикізаттың атауы	Нетто, г	Ақуыз, г	Май, г	Көмірсу, г	кКал
Бидай ұнтағы	55	4,87±0,12	0,66±0,02	41,35±0,8	185,42
Күріш ұнтағы	55	4,20±0,10	0,42±0,01	43,18±0,8	201,44
Қопсытқыш қамырға арналған	1,5	-	-	1,28	3,84
Құнбағыс майы	10	-	10,08	-	91,90
Барлығы	121,5	9,07	11,16	85,81	482,6
100 гр үшін барлығы		7,46	9,18	70,62	397,2

**Қорытынды:** Зерттеулер көрсеткендей, жүгері мен күріш ұнынан дайындалған жеуге жарамды кесе, бидай мен күріш ұнынан дайындалған жеуге жарамды кесе тұтынушыға тиімді органолептикалық көрсеткіштері жоғары, ыстыққа төзімді, тасымалдауға жарайтын қасиетке ие. Жеуге жарамды кесенің құрылымдық ыстық сұйыққа төзімділігі жоғарғы температурадағы сұйықпен сыналды және төзімді екендігі дәлелденді. Сондықтан, ол пластмасса картон стакандарды сөзсіз алмастыра алады. Тұтынушылардың оны жеуге жарамды кесе қолдануы пайдалы тағамдармен тамақтану спектрін кеңейтуге көмектеседі.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Amrita P. Trends in Edible Cutlery and Tableware / P. Amrita, Y. Prashasti // Beverage Food World. – 2017. – Vol. 44, No. 10. – P. 35-43. <https://www.researchgate.net/publication/337103303>.
2. Functional Nutrition: Principles and Clinical Practice Application / S. Neiva et al // Acta Portuguesa de Nutrição. – 2016/ – № 7. – P. 34-39. | <http://dx.doi.org/10.21011/apn.2016.0706>.

3. Wheat bran: its composition and benefits to health, a Europeanperspective / Stevenson L. Et al // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. – 2012. – № 63(8). – P. 1001-1013. <https://www.researchgate.net/publication/227707958>.
4. Капрельянц Л.В. Пшеничные отруби как источник полезных веществ для человека / Л.В. Капрельянц, Н.Г. Бужилов // *Актуальные научные исследования в современном мире*. – 2019. – № 4-2(48). – С.14-19.
5. Samoilov M.A. Prospects for the use of edible functional containers in public catering / M.A. Samoilov, Z.R. Akhmetshina, V.V. Perov // *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. – 2020. – Vol. 82, № 3. – P. 85-89.
6. Wheat Bran-Composition and Nutritional Quality: A Review / Chalamacharla Raghu Babu et al // *Adv Biotech & Micro*. – 2018. – № 9(1). – P. 21-27. <https://juniperpublishers.com/aibm/pdf/AIBM.MS.ID.555754.pdf>.
7. Determination of Aflatoxins in Wheat and Wheat by-products Intended for Human Consumption, Marketed in Rio de Janeiro, Brazil / Felipe Machado Trombete et al // *Journal of Food and Nutrition Research*. – 2014. – Vol. 2, №10. – P. 671-674. <https://pubs.sciepub.com/jfnr/2/10/3/index.html>.
8. Серикова А.С. Разработка рецептур продуктов для рационального сбалансированного питания / А.С. Серикова, Ф.Х. Смольникова, Г.Н. Нурымхан // *Молодой ученый*. – 2015. – № 10.3(90.3) – С. 39-44.
9. Соловьева О.М. Кулинария: теоретические основы профессиональной деятельности / О.М. Соловьева, Г.К. Миронова, А.П. Елепин. – М: Академкнига, 2014. – 205 с.
10. Лисицына А.Б. Современные технологии функциональных пищевых продуктов / А.Б. Лисицына, В.Н. Иванова – М: ДеЛи плюс, 2018. – 432 с.
11. Еремеева Н.Б. Оценка органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных наполнителей: сушеных снеков, орехов, семян, зерновых хлопьев / Н.Б. Еремеева, Н.В. Макарова, Е.А. Елисеева // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. – 2019. – № 50. – С.45-51.
12. Щербакова Е.Д. Актуальность производства использования съедобной (биоразлагаемой) посуды из отрубей / Е.Д. Щербакова, М.А. Самойлов // «Агробиотехнология-2021»: Матер. Междунар. науч. конф. Российский государственный аграрный университет. – Москва, 2021. – С. 1161-1165.
13. Скалунова П.С. Обзор современных съедобных упаковочных материалов. / П.С. Скалунова, М.А. Самойлов, А.А. Гажур // *Современные инновационные технологии в экономике, науке, образовании: Матер. Междунар. Конфер. Вест-Ост-Ферлаг*. – Берлин, 2020. – С. 212-227.

### References

1. Amrita P. Trends in Edible Cutlery and Tableware / R. Amrita, Y. Prashasti // *Beverage Food World*. – 2017. – Vol. 44, No. 10. – R. 35-43. <https://www.researchgate.net/publication/337103303>. (In English).
2. Functional Nutrition: Principles and Clinical Practice Application / S. Neiva et al // *Acta Portuguesa de Nutrição*. – 2016/ – № 7. – R. 34-39. | <http://dx.doi.org/10.21011/apn.2016.0706>. (In English).
3. Wheat bran: its composition and benefits to health, a Europeanperspective / Stevenson L. Et al // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. – 2012. – № 63(8). – R. 1001-1013. <https://www.researchgate.net/publication/227707958>. (In English).
4. Kaprel'yants L.V. Pshenichnye otrubi kak istochnik poleznykh veshchestv dlya cheloveka / L.V. Kaprel'yants, N.G. Buzhilov // *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. – 2019. – № 4-2(48). – S.14-19. (In Russian).
5. Samoilov M.A. Prospects for the use of edible functional containers in public catering / M.A. Samoilov, Z.R. Akhmetshina, V.V. Perov // *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. – 2020. – Vol. 82, № 3. – R. 85-89. (In English).
6. Wheat Bran-Composition and Nutritional Quality: A Review / Chalamacharla Raghu Babu et al // *Adv Biotech & Micro*. – 2018. – № 9(1). – R. 21-27. <https://juniperpublishers.com/aibm/pdf/AIBM.MS.ID.555754.pdf>. (In English).



7. Determination of Aflatoxins in Wheat and Wheat by-products Intended for Human Consumption, Marketed in Rio de Janeiro, Brazil / Felipe Machado Trombete et al // Journal of Food and Nutrition Research. – 2014. – Vol. 2, №10. – R. 671-674. <https://pubs.sciepub.com/jfnr/2/10/3/index.html>. (In English).
8. Serikova A.S. Razrabotka retseptur produktov dlya ratsional'nogo sbalansirovannogo pitaniya / A.S. Serikova, F.KH. Smol'nikova, G.N. Nurymkhan // Molodoi uchenyi. – 2015. – № 10.3(90.3) – S. 39-44. (In Russian).
9. Solov'eva O.M. Kulinariya: teoreticheskie osnovy professional'noi deyatel'nosti / O.M. Solov'eva, G.K. Mironova, A.P. Elepin. – M: Akademkniga, 2014. – 205 s. (In Russian).
10. Lisitsyna A.B. Sovremennye tekhnologii funktsional'nykh pishchevykh produktov / A.B. Lisitsyna, V.N. Ivanova. – M: DELi plyus, 2018. – 432 s. (In Russian).
11. Eremeeva N.B. Otsenka organilepticheskikh i fiziko-khimicheskikh svoystv s"edobnykh stakanov na osnove yablochnogo syrya s ispol'zovaniem razlichnykh napolnitelei: sushenykh snekov, orekhov, semyan, zernovykh khlop'ev / N.B. Eremeeva, N.V. Makarova, E.A. Eliseeva // Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2019. – № 50. – S.45-51. (In Russian).
12. Shcherbakova E.D. Aktual'nost' proizvodstva ispol'zovaniya s"edobnoi (biorazlagaemoi) posudy iz otrubei / E.D. Shcherbakova, M.A. Samoilov // «Agrobiotekhnologiya-2021»: Mater. Mezhdunar. nauch. konf. Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Moskva, 2021. – S. 1161-1165. (In Russian).
13. Skalunova P.S. Obzor sovremennykh s"edobnykh upakovochnykh materialov. / P.S. Skalunova, M.A. Samoilov, A.A. Gazhur // Sovremennye innovatsionnye tekhnologii v ehnomike, nauke, obrazovanii: Mater. Mezhdunar. Konfer. Vest-Ost-Ferlag. – Berlin, 2020. – S. 212-227. (In Russian).

**Г.Д. Шамбулова\*, Д.А. Тлевлесова, Г.Н. Жаксылыкова, Ж.С. Набиева**

Алматинский технологический университет,  
050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100  
\*e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru

### **СЪЕДОБНЫЕ ПОСУДЫ ПРИГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ КРУПЫ**

*В настоящее время упрощение ручного труда в местах общественного питания, экономия времени и использование безвредных для организма емкостей и упаковок в питании-это наводящая на размышления проблема. Поэтому в данной работе предусмотрено создание экологически чистых, экономичных, инновационных одноразовых и безотходных емкостей в местах общественного питания.*

*Рассматриваемая одноразовая посуда может служить заменой функциональной посуды, изготовленной из съедобного материала, а также используемой в сфере общественного питания, изготовленной из традиционного стекла, керамики или пластика.*

*В работе были разработаны съедобные емкости из крупяного порошка. Из круп были приготовлены два вида образцов из пшеничной и рисовой муки, так же смеси кукурузной и рисовой муки, сравнивались их пищевая ценность и эффективность использования.*

*Из крупяных порошков готовили крутое тесто и выпекали его в форме «чашки». Стойкость контейнера при хранении с горячей готовой к употреблению пищи наблюдали с течением времени.*

*Водопоглотительная способность исследованных образцов находились на уровне 228-250%, энергетическая ценность – 395,6-397,2 ккал на 100 г. продукта.*

*Одноразовая съедобная посуда – это эффективная посуда, позволяющая экономить время при раздаче продуктов, облегчающая ручной труд (мытьё посуды), экологически чистая и снижающая затраты в термическом процессе приготовления пищи.*

**Ключевые слова:** пшеничная мука, рисовая мука, кукурузная мука, твердое тесто, крупы.

**G.D. Shambulova\*, D.A. Tlevlesova, G.N. Zhaksylykova, Zh.S. Nabiyeva**

Almaty Technological University,  
050000, Republic of Kazakhstan, 100, Tole bi str., Almaty,  
\*e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru

### **EDIBLE BOWLS MADE FROM CEREALS**

*Nowadays, simplifying manual labour in catering, saving time and using body-friendly containers and packaging in catering is a thought-provoking issue. Therefore, this work provides for the creation of*

*environmentally friendly, economical, innovative disposable and waste-free containers in public catering facilities.*

*The disposable tableware in question can serve as a replacement for functional tableware made of edible material, as well as used in the field of public catering, made of traditional glass, ceramics or plastic.*

*In this work, an edible containers of cereal powder were obtained. Two samples of wheat and rice flour and a mixture of maize and rice flour were prepared from the cereals, and their nutritional value and utilisation efficiency were compared.*

*From the cereal flours, a steep dough was prepared and baked in a "cup" shape. The stability of the container during storage with hot ready-to-eat food was observed over time.*

*Water absorption capacity of the studied samples was at the level of 228-250%, energy value – 395.6-397.2 kcal per 100 g of product.*

*Disposable edible tableware is an efficient tableware that saves time when serving food, facilitates manual labour (dishwashing), is environmentally friendly and reduces costs in the thermal process of cooking.*

**Key words:** wheat flour, rice flour, corn flour, edible bowl, hard dough, cereals.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Гульнара Досанбековна Шамбулова\*** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өнімдерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6257-1317>.

**Динара Абаевна Тлевлесова** – доктор PhD, «Тамақ өнімдерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: tlevlesova.d@atu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Гульшат Нурмуханбетовна Жаксылыкова** – техника ғылымдарының кандидаты, Тамақ технологиялары факультеті деканы, Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulshatzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0563-4304>.

**Жанар Серикболовна Набиева** – PhD, қауымдастырылған профессор, Тамақ қауіпсіздігін ғылыми-зерттеу институтының директоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: atu\_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

#### **Сведения об авторах**

**Гульнара Досанбековна Шамбулова\*** – кандидат технических наук, ассоц. профессор кафедры «Технология продуктов питания», Алматинский технологический университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6257-1317>.

**Динара Абаевна Тлевлесова** – доктор PhD, ассоц. профессор кафедры «Технология продуктов питания», Алматинский технологический университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: tlevlesova.d@atu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Гульшат Нурмуханбетовна Жаксылыкова** – кандидат технических наук, ассоц. профессор, декан факультета «Пищевых технологий», Алматинский технологический университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: gulshatzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0563-4304>.

**Жанар Серикболовна Набиева** – PhD, ассоциированный профессор, директор Научно-исследовательского института пищевой безопасности, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: atu\_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

#### **Information about the authors**

**Gulnara Dosanbekovna Shambulova\*** – Candidate of Technical Sciences, Assoc.Professor of the Department of Food Technology, Altamin Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6257-1317>.

**Dinara Abayevna Tlevlesova** – Doctor of PhD, Assoc. Professor of the Department of Food Technology, Altamin Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: tlevlesova.d@atu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Gulshat Nurmukhanbetovna Zhaxylykova** – Candidate of Technical Sciences, Assoc.Professor, Dean of the Faculty of «Food Technologies», Altamin Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulshatzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0563-4304>.

**Zhanar Serikbolovna Nabiyeva** – PhD, Associate Professor, Director of Research Institute of Food Safety, Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: atu\_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

*Редакцияға енуі 26.02.2024*

*Жариялауға қабылданды 21.05.2024*

**К. Букарбаев<sup>1</sup>, Ш.А. Абжанова<sup>1</sup>, А.Ч. Каташева<sup>1</sup>, А.Ж. Жеңісова<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті,

Алматы, Қазақстан, Фурката көшесі 348/4, Индекс А10Х7В7

\*e-mail: jenisova1996@bk.ru

## **ӨСІМДІК ШИКІЗАТТАРЫНАН СЫҒИНДЫ АЛУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ**

**Аңдатпа:** Соңғы жылдары өндіріс технологиясын жетілдіруге және тағам өнімдерінің дәмін, хош иісін және тағамдық құндылығын жақсартатын табиғи тағамдық қоспаларды пайдалануға ерекше көңіл бөлінуде. Мақалада отандық шырғанақ сығындысы және қоспа ретінде зімбір, райхан сығындысы дайындалып зерттелді. Құрғақ сығындының технологиялық сипаттамалары, шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігі келтірілді. Тағам өнімдерін өндіру үшін сығындыларды алу процесстерін қарқындалту практикалық маңызға ие; біріншіден, экстракция процесстері ұзаққа созылатындықтан; екіншіден, дайын өнімдердің тұрақтылығы мен органолептикалық көрсеткіштері сығындылардың сапасына айтарлықтай тәуелді. Бұл көрсеткіш өсімдік шикізатынан олардың қасиеттеріне бағытталған реттеуді көздейтін сығындылар алу, әзірлеу және жетілдіру бойынша зерттеулер жүргізу қажеттілігін анықтайды. Соңғы 20 жыл Тамақ өнеркәсібінде  $CO_2$  сығындыларын қолдану әдісінің бейімделу кезеңі болды. Осы уақыт ішінде тұтынушылар да, тамақ өндірушілері де құрғақ дәмдеуіштерді бірдей  $CO_2$  сығындыларымен алмастырудың технологиялық және экономикалық артықшылықтарын бағалады. Осы орайда, зертхана жағында шырғанақ сығындысы және қоспа ретінде зімбір, райхан сығындысы дайындалып зерттелді. Алынған сығындылар антиоксиданттық әсері бар, тамақ өндірісінде, соның ішінде шұжық дайындауда пайдалануға болатындығы тұжырымдалды және шырғанақ сығындысын, шырғанақ майын шұжық өндірісінде қолдану өнімнің функционалды- технологиялық қасиеттерін жоғарылатуға септігін тигізді. Алынған зерттеу нәтижелері бойынша өсімдік шикізатынан алынған сығындылар антиоксиданттық әсері бар өнім алу үшін перспективалы болып табылады.

**Түйін сөздер:** шырғанақ сығындысы, антиоксидант, зімбір, райхан сығындысы, биологиялық белсенді заттар, диеталық қоспа,  $CO_2$ -экстракция.

### **Кіріспе**

Қазақстан Республикасында бағалы өсімдік шикізаты жидек дақылдарының өнімі болып табылады. Жемістер, жидектер мен жүзім-антиоксиданттық қасиеттері бар дәрумендердің, минералдардың, каротиноидтардың, ферменттердің, фенолдық қосылыстардың бай көзі. Олардың маңыздылығы соңғы жылдары артып келеді, экологиялық жағдайдың күрт нашарлауы байқалған кезде, әсіресе қалаларда адам ағзасына физикалық жүктеме айтарлықтай төмендейді. Дегенмен, көптеген өсімдік тағамдарын тұтыну маусымдық болып табылады. Мұнда жоғарыда аталған биологиялық белсенді заттарды алу тәсілдері, сондай-ақ микроэлементтердің көзі ретінде табиғи тағамдық қоспалар технологияларын дамыту маңызды болып табылады.

Өсімдіктердің маңызды қасиеттерінің бірі-олардың құрамына кіретін химиялық қосылыстардың жануарлар организмдеріне, соның ішінде адамдарға емдік әсер ету қабілеті болып табылады. Мұндай өсімдіктерге ұзақ уақыт бойы дәрі ретінде белгілі шырғанақ жатады [1,2].

Шырғанақ-ежелгі дәуірден бастап емдік қасиеттерімен танымал нағыз ерекше өсімдік. Оның барлық бөліктері – тұқымдар мен жапырақтар, жас бұтақтар, қабығы мен тамырлары дәрілік шикізат ретінде пайдаланылады, бірақ қоректік заттардың ең көп мөлшері жидектерінде шоғырланған.  $CO_2$  – шырғанақ сығындысы медицинада, тағам өндірісінде, косметологияда кеңінен және белсенді қолданылады. Теңіз шырғанақ майына негізделген диеталық қоспалар дәрумен және қалпына келтіретін агент ретінде, сондай-ақ офтальмология, гастроэнтерология, гинекология, онкология және т.б. салалардағы әртүрлі ауруларда дәрілік әсердің алдын алу және күшейту үшін қолданылады.  $CO_2$  – экстракциясы жидектерден ең пайдалы компоненттерді алуға мүмкіндік береді [3].

Табиғатты ұтымды және үнемді пайдаланудың өзекті бағыттарының бірі өсімдік тектес шикізатты медициналық, азық-түлік және жемшөп мақсаттарына кешенді өңдеу болып келеді. Әдебиеттерде шырғанақ жапырақтарында биологиялық белсенді заттардың – флавоноидтардың, каротиноидтардың, таниндердің болуы туралы жұмыстар бар, бірақ бұл жұмыстар жүйеленбеген. Осыған байланысты бұл зерттеудің мақсаты биологиялық белсенді шикізаттың қосымша көзі ретінде отандық шырғанақ сығындысын және қоспа ретінде зімбір, райхан сығындысын дайындау және зерттеу болды.

Тағам өнеркәсібінің әртүрлі салаларында сығындылардың қасиеттерін, химиялық құрамын және қолданылуын зерттеу саласында айтарлықтай тәжірибе жинақталды [4].

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу нысандары ретінде жоғары антиоксиданттық қасиеттері бар ащы-хош иісті өсімдік шикізаты және олардан алынған CO<sub>2</sub> сығындылары таңдалды.

Зерттелетін шикізат МЕМСТ 28875-90 «дәмдеуіштердің» қолданыстағы талаптарын қанағаттандырды. Қабылдау және талдау әдістері", МЕМСТ 28876-90 «Дәмдеуіштер». Сынамаларды іріктеу, ТУ 9169-171-04801346-04"CO<sub>2</sub> – Өсімдік шикізатынан алынған сығындылар".

Дәрумендер құрамы МЕМСТ 54635-2011 бойынша анықталды.

Микробиологиялық зерттеулер стандартты әдістерге сәйкес жүргізілді (МЕМСТ 52816-2007, МЕМСТ 52814-2007, МЕМСТ 52815-2007, МЕМСТ 10444.15-94).

Аминқышқыл құрамын LC 3000 аминқышқыл анализаторында анықталды.

### **Зерттеу нәтижелері және оны талдау**

Өсімдік сығындыларын алу үшін өсімдіктің қасиетіне және соңғы алынатын өнімге байланысты әртүрлі әдістер қолданылады. Біз өз жұмысымызда суперкритикалық экстракцияны қолдандық. Бұл экстрагент ретінде аса критикалық көмірқышқыл газын қолданатын әдіс. Бұл әдіс өсімдік материалынан биологиялық белсенді қосылыстарды жоғары температура әсерінсіз алуға мүмкіндік береді, бұл сығындының сапасын сақтауға көмектеседі.

Жұмыста шырғанақ сығындысымен қатар зімбір және райхан сығындысы қоспа ретінде қолданылды. Поликомпониттік ащы-хош иісті тағамдық қоспалармен байытылған тағамның құрамына шырғанақ CO<sub>2</sub> – сығындылары кіреді. Дәстүрлі емес жеке дәмдеуіштерден және олардың CO<sub>2</sub> қоспасынан алынған сығындылар дайын өнімге ұнтақ түрде қосылады. Салыстыру үшін жұмыста дәстүрлі импорттық дәмдеуіштерден алынған сығындылар мен отандық ащы-хош иісті шикізаттан алынған сығындылардың құрамы мен қасиеттері талданады.

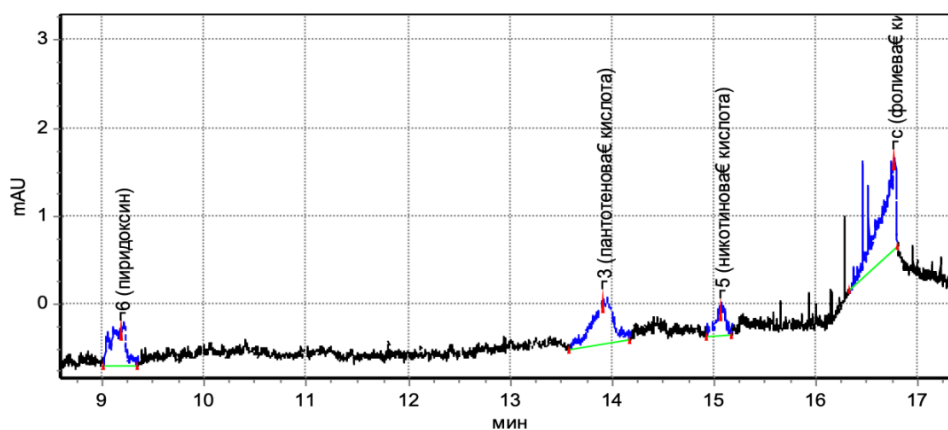
CO<sub>2</sub> – сығындылары – ХХІ ғасырдың табиғи экологиялық таза өнімдері. Оларды алу және әртүрлі салаларда қолдану технологиясы әлемдік басымдыққа ие және патенттермен қорғалған [5].

CO<sub>2</sub> сығындылары хош иістендіргіштер, антиоксиданттар, тағам өнімдерін өндіруде биологиялық белсенді заттар ретінде, косметикалық бұйымдар жасау үшін және т.б. қолданылады. CO<sub>2</sub> сығындылары қосымша өңдеуді қажет етпейтін дайын өнімдер болып табылады. Дәстүрлі түрде «эфир майлары» деп аталатын ұшпа компоненттермен қатар олардың құрамында липовитаминдер, гормоналды балауыздар, ащы заттардан тұратын ұшпайтын фракция бар. Олар қолданған кезде қолданылатын қоспалардың басқа липофильді компоненттерімен жақсы үйлеседі. Сонымен қатар, олар инфузия мен эфир майларымен салыстырғанда ең ыңғайлы және тиімді, тасымалдау кезінде, ұзақ сақтауға тұрақты [6,7].

Шырғанақ жемістеріндегі С дәрумені (аскорбин қышқылы) мөлшері 150-ден 310 мг% – ға дейін, кейде 900 мг% - ға дейін өзгереді. Р-теңіз шырғанағының белсенді қосылыстары рибофлавоноидтармен ұсынылған (100-200 мг%). Шырғанақта суда еритін басқа дәрумендердің ішінен тиамин (В1), рибофлавин (В2) және фолий қышқылы табылды. Сонымен қатар органикалық қышқылдар, маңызды амин қышқылдары, пектиндер, полифенолдар бар екені белгілі болды.

Біз өз зерттеуімізде шырғанақтан және жапырақтарынан сығынды алдық. Зерттеулер нәтижесі бойынша шырғанақтан алынған сығынды құрамында инвертті қант – 9,63%, қысқартылған – 6,95%, сахароза – 2,55%, С дәрумені – 97,50 мг/100 г, β-каротин – 4,11 мг/100

г және В1, В2 дәрумендері аз мөлшерде кездеседі. Суретте шырғанақ сығындысындағы дәрумендер көрсетілген (сурет 1).



Сурет 1 – Шырғанақ сығындысындағы дәрумендер көрсеткіші

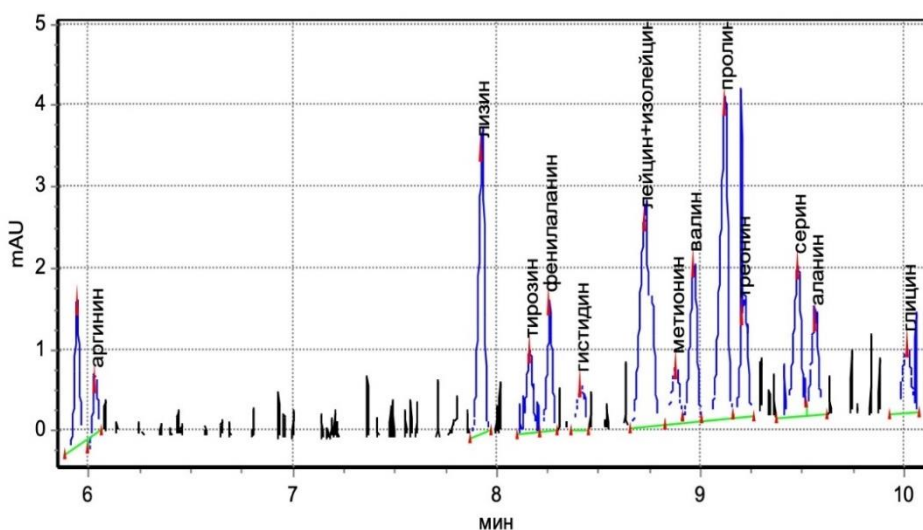
Кесте 1 – Шырғанақ сығындысының дәрумендер көрсеткіші

Компонент	Конц., мг/100г.
В6 (пиридоксин)	0.202±0,040
В3 (пантотен қышқылы)	1,048±0,210
В5 (никотин қышқылы)	0.086±0,016
В9(фолий қышқылы)	0.221±0,044

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей шырғанақ сығындысының биологиялық белсенділігі С витаминінің құрамына байланысты. Ал басқа дәрумендер көрсеткіші В6 – 0,0202 мг/100 г, В3 – 1,048 мг/100г, суда еритін фенолдық қосылыстардың қосындысы – 1087,5 мг / 100 г тең болды. Су фракциясында төмендететін қанттар – 5,82% және сахароза – 2,50% болып табылды.

Шырғанақ сығындысы және жидектері негізінен талшыққа бай (11,3-15,1%). Заттардың аталған топтарынан басқа, жидектердің биопотенциалының мәні көмірсулардың жеткілікті үлкен тобының (қарапайым және күрделі қанттар) болуына байланысты, олардың мөлшері әр түрлі бөліктерде 6,2-ден 22,9%-ға дейін өзгереді. Алынған мәліметтер әдеби мәліметтерге сәйкес келеді [8, 9, 10].

Сонымен қатар жұмыста шырғанақ сығындысының аминқышқыл көрсеткіштері зерттелді.



Сурет 2 – Шырғанақ сығындысының аминқышқыл көрсеткіштері

Кесте 2 – Шырғанақ сығындысының аминқышқыл көрсеткіші

Компонент	Аминқышқылдарының массалық үлесі, %
	0,00
аргинин	0,215±0,086
лизин	0,563±0,191
тирозин	0,447±0,134
фенилаланин	0,414±0,124
гистидин	0,215±0,108
лейцин+изолейцин	0,596±0,155
метионин	0,265±0,090
валин	0,530±0,212
пролин	1,076±0,280
треонин	0,463±0,185
серин	0,463±0,120
аланин	0,215±0,056
глицин	0,156±0,053

Ақуыздардың аминқышқылдарының құрамындағы теңгерімсіздік метаболизмнің бұзылуына, оның синтезінің баяулауына және нәтижесінде дененің өсуінің баяулауына әкелуі мүмкін. Кейбір аминқышқылдарының артық болуы басқалардың жеткіліксіздігіне және нашар сіңуіне әкеледі. Денені полиқанқыпаған май қышқылдарымен жеткіліксіз қамтамасыз ету метаболизмнің ауыр бұзылуларын тудырады, соның ішінде қан плазмасындағы холестерин деңгейінің жоғарылауы, балалардың өсу қарқындылығының төмендеуі, қолайсыз сыртқы және ішкі факторларға төзімділіктің төмендеуі, тыныс алу және асқазан-ішек жолдарының инфекцияларына және басқа ауруларға сезімталдықтың жоғарылауына әкеліп соғады.

Шырғанақ сығындысының маңызды аминқышқылдары – лейцин 0,596 мг/100 г, лизин 0,563 мг/100 г, пролин 1,076 мг/100 г [11,12].

Жұмыста сонымен қатар, шырғанақ сығындысындағы минералды заттардың құрамы да зерттелген. Ең көп мөлшерде сығындыда натрий мен калий (50%-дан жоғары) бар. Негізінен кальций мен магний 20% экстрагирленеді. 10%-нан 20% ға дейін фосфор мен темірге, ал микроэлементтері толығымен дерлік өтеді.

Шырғанақ сығындысы құрамында жеткілікті қоректік заттар бар. Міндет-бұл осы заттарды бөліп алудың ұтымды жолдарын және оларды тағам өнімдерінде қолдануды өнеркәсіпке ұсыну.

Қытай зімбірі – (*Boesenbergia pandurata* (Roxb.) Schltr.) немесе *Kaempferia pandurata*, саусақ тәрізді жеміс. Ол биіктігі 1 м-ге дейін майлы тамыры бар көпжылдық шөптесін өсімдік түрінде кездеседі. CO<sub>2</sub> – зімбір сығындысы-ақшыл сары, кәріптас немесе жасыл түсті, ағаш-ащы хош иісі бар сұйықтық. Ол сорпаларға, салаттарға, ет пен балық тағамдарына ерекше дәм беру үшін қолданылады [13,14,15].

Зерттелетін шикізаттың химиялық құрамы мен антиоксиданттық қасиеттерін салыстыру ащы-хош иісті өсімдік шикізатынан тұратын формуланы таңдауға мүмкіндік берді.

Кесте 3 – Поликомпозиіттік тағамдық қоспаларды алу үшін пайдаланылатын ащы-хош иісті шикізаттың химиялық құрамы, %

Ащы-хош иісті өсімдіктердің атауы	Су	Ақуыз	Май	Көмірсу	Минералды заттар	Фенолдар	Негізгі компонент
Қытай зімбірі (Имбирь)	14	7,6	5,4	61,2	4	1,2	Гингерол
Райхан	14	5,8	2,6	13,7	5,4	0,7	Периллкетон

Кестеде келтірілген нәтижелерге сүйенсек қытай зімбірі мен райхан шикізаттарының химиялық құрамы, әсіресе ақуызы, минералды заттары жоғары көрсеткіште.

Сонымен қатар, CO<sub>2</sub> сығындыларының микробқа қарсы белсенділігін зерттеу үшін сығынды компоненттерінің шірік және патогендік микроорганизмдердің сынақ дақылдарының өсуін тежеу қабілеті пайдаланылды. Микробқа қарсы белсенділік классикалық модификацияланған әдіспен анықталды.

Сығынды қоспасының микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау АТУ АҚ «Тағам қауіпсіздігі» зертханасында зерттелінді. Сығындыда микробиологиялық көрсеткіштерді анықтау маңызды факторлардың бірегейі, бұл дөңді дақылдарда, өнімде кездесетін картоп таяқшалары болып табылатын спора түзуші микроорганизмдер. Келесі кестеде сығынды қоспасының микробиологиялық көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 4 – Сығынды қоспасының микробиологиялық көрсеткіші

Микробиологиялық көрсеткіштері	Зерттеу нәтижелері	Нормаланатын көрсеткіш	НҚ-әдісі
<i>Bacillus mesentericus</i>	табылған жоқ	Рұқсат етілмейді	Споралық аэробтарды бактериологиялық диагностика жасау

Сығынды қоспасында *Bacillus mesentericus* немесе картоп таяқшасының жоқ екенін кестеде көрсетілген зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып айта аламыз. Нормативтік құжаттарға сәйкес картоп таяқшасы өлшемі 0,5-0,6; 3-10 мк аспауы керек. Егер артық мөлшерде кездескен жағыдайда тағам өнімдерін шырыштандырады және жағымсыз иіс береді. Өнімнің сақтау мерзіміне микробиологиялық көрсеткіштері маңызды роль атқарады. Сығынды қоспаның сақтау мерзімі 13-14% ылғалдылықта 4-5 айды құрайды, ол микробиологиялық зерттеу нәтижесіне байланысты болады.

Микроорганизмдердің белгілі бір сығындыға сезімталдығы микробтардың өсуінің тежелу аймағының диаметрімен анықталды: 10 мм – орташа, егер 10 мм – ден көп болса, онда микроорганизмнің берілген сығынды концентрациясына жоғары сезімталдығы байқалды. Алынған эксперименттік нәтижелер автор әзірлеген поликомпозициялық ащы-хош иісті тағамдық қоспаның тіпті өте төмен концентрацияда да микробқа қарсы белсенділіктің кең ауқымы бар екенін көрсетті.

### Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде шырғанақ және қытай зімбірі, райхан сығындыларының химиялық, дәрумендер, аминқышқылдар құрамдары келтірілді.

Сығындыларды байытудың ұсынылған ережесі минералды заттарға ғана емес, сонымен қатар әртүрлі мақсаттағы басқа биологиялық белсенді заттарға бай диеталық қоспаны алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесіне сүйене отырып біз бұл сығынды композициясын ет өнімдерін өндіруде, яғни атап айтсақ шұжық өнімін өндіруде пайдаландық. Пісіріліп-ысталған шұжық өндірісінде сығынды қолдану тиімді және өнімнің сақтау мерзіміне де әсерін тигізетіні байқалды.

Кейбір өсімдік сығындыларын өнімнің байланыстыру сипаттамаларын жақсарту үшін пайдалануға болады, бұл пісіру тұрақтылығын арттыруға және консистенцияны жақсартуға мүмкіндік береді. Осылайша, өсімдік сығындылары шұжық өндірісіне әртүрлілік қосады, олардың сапасын, тағамдық құндылығын, дәмін жақсартады және әртүрлі тұтынушылар тобының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін өнім ассортиментін әртараптандырады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Зинченко А.А. Стандартизация каротинсодержащих препаратов «Масло облепиховое» и «Аекол» / А.А. Зинченко, Л.В. Кричковская, В.Н. Бузов // В сб.: Актуальные проблемы медицины. – Белгород, 2005. – С. 64-70.
2. Дугарова И.К. Комплексное использование плодов облепихи в производстве пищевых продуктов / И.К. Дугарова, Г.Ц. Цыбикова, И.Т. Александрова // В сб.: Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – Иркутск, 2016. – С. 46-52. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-3-128-134>.

3. Золотарева А.М. Семена облепихи как пищевой источник биологически активных веществ. / А.М. Золотарева, Г.В. Габанова, Т.Ф. Чиркина // В сб.: Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – Краснодар, 2014. – С. 68-76.
4. Аверьянова Е.В. Перспективы и направления использования ягодных шротов / Е.В. Аверьянова, М.Н. Школьникова, Е.Д. Рожнов // В сб.: Индустрия питания. – Екатеринбург, 2019. – С. 42-51.
5. Effects of phytoestrogens genistein and daidzein on progesterone and estrogen (estradiol) production of human term trophoblast cells in vitro / U.R. Dagmar, M. Ioannis, T. Bettina et al // *Gynecological Endocrinology*. – 2009. – V. 25. – P. 32-38. <https://doi.org/10.1080/09513590802485020>.
6. Plasma isoflavone level and subsequent risk of breast cancer among Japanese women: a nested case-control study from the Japan Public Health Center-based prospective study group / I. Motoki, I. Manami, O. Tetsuya et al // *Clinical Oncology*. 2008. – V. 26. – P. 1677-1683.
7. The soybean isoflavone genistein induces differentiation of MG63 human osteosarcoma osteoblasts / M. Christopher, T. Julian, A. Luigi, S. Matteo. – 2006. – V. 136. P. 1166-1170.
8. Tapas A.R. Flavonoids as nutraceuticals: a review / A.R. Tapas, D.M. Sakarkar, R.B. Kakde // *Pharmaceutical Research*. – 2008. – V. 7. – P. 1189-1199.
9. Ndhala A.R. Natural antioxidants: fascinating or mythical biomolecules / A.R. Ndhala, M. Moyo, J. Van // *Molecules*. – 2010. – V. 15. – P. 6905-6930.
10. Goldblatt P. Belamcanda included in Iris, and the new combination *I. domestica* (Iridaceae: Irideae) / P. Goldblatt, D.J. Mabberley // *Botanical Nomenclature*. – 2005. – V. 15. – P. 128-132.
11. Ito H. Isoflavonoids from *Belamcanda chinensis* / H. Ito, S. Onoue, T. Yoshida // *Chem. Pharm. Bull.* 2001. – V. 49. – P. 1229-1231.
12. Harborne J.B. The phytochemical richness of the Iridaceae and its systematic significance / J.B. Harborne, C.A. Williams // *Ann. Bot.* – 2000. – V. LVIII. – P. 43-50.
13. Wu C. The  $\alpha$ -glucosidase inhibiting isoflavones isolated from *Belamcanda chinensis* leaf extract / C. Wu *Rec. Nat. Prod.* – 2012. – V. 6. – P. 110-120.
14. Cancer chemopreventive in vitro activities of isoflavones isolated from *Iris germanica* / E. Wollenweber, J.F. Stevens, K. Klimo // *Planta Med.* – 2003. – V. 69. – P. 15-20.
15. Liu M. Chemical constituents of the ethyl acetate extract of *Belamcanda chinensis* (L.) DC roots and their antitumor activities / M. Liu // *Molecules*. – 2012. – V. 17. – P. 6156-6169.

### References

1. Zinchenko A.A. Standartizatsiya karotinsoderzhashchikh preparatov «Maslo oblepikhovoE» i «AekoL» / A.A. Zinchenko, L.V. Krichkovskaya, V.N. Buzov // В сб.: Aktual'nye problemy meditsiny. – Belgorod, 2005. – S. 64-70. (In Russian).
2. Dugarova I.K. Kompleksnoe ispol'zovanie plodov oblepikhi v proizvodstve pishchevykh produktov / I.K. Dugarova, G.TS. Tsybikova, I.T. Aleksandrova // В сб.: Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. – Irkutsk, 2016. – S. 46-52. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-3-128-134>. (In Russian).
3. Zolotareva A.M. Semena oblepikhi kak pishchevoi istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv. / A.M. Zolotareva, G.V. Gabanova, T.F. Chirkina // В сб.: Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya. – Krasnodar, 2014. – S. 68-76. (In Russian).
4. Aver'yanova E.V. Perspektivy i napravleniya ispol'zovaniya yagodnykh shrotov / E.V. Aver'yanova, M.N. Shkol'nikova, E.D. Rozhnov // В сб.: Industriya pitaniya. – Ekaterinburg, 2019. – S. 42-51. (In Russian).
5. Effects of phytoestrogens genistein and daidzein on progesterone and estrogen (estradiol) production of human term trophoblast cells in vitro / U.R. Dagmar, M. Ioannis, T. Bettina et al // *Gynecological Endocrinology*. – 2009. – V. 25. – P. 32-38. <https://doi.org/10.1080/09513590802485020>. (In English).
6. Plasma isoflavone level and subsequent risk of breast cancer among Japanese women: a nested case-control study from the Japan Public Health Center-based prospective study group / I. Motoki, I. Manami, O. Tetsuya et al // *Clinical Oncology*. – 2008. – V. 26. – P. 1677-1683. (In English).
7. The soybean isoflavone genistein induces differentiation of MG63 human osteosarcoma osteoblasts / M. Christopher, T. Julian, A. Luigi, S. Matteo. – 2006. – V. 136. – P. 1166-1170. (In English).



8. Tapas A.R. Flavonoids as nutraceuticals: a review / A.R. Tapas, D.M. Sakarkar, R.B. Kakde // *Pharmaceutical Research*. – 2008. – V. 7. – R. 1189-1199. (In English).
9. Ndhala A.R. Natural antioxidants: fascinating or mythical biomolecules / A.R. Ndhala, M. Moyo, J. Van // *Molecules*. – 2010. – V. 15. – R. 6905-6930. (In English).
10. Goldblatt P. Belamcanda included in Iris, and the new combination *I. domestica* (Iridaceae: Irideae) / P. Goldblatt, D.J. Mabberley // *Botanical Nomenclature*. – 2005. – V. 15. – R. 128-132. (In English).
11. Ito H. Isoflavonoids from *Belamcanda chinensis* / H. Ito, S. Onoue, T. Yoshida // *Chem. Pharm. Bull.* 2001. – V. 49. – R. 1229-1231. (In English).
12. Harborne J.B. The phytochemical richness of the Iridaceae and its systematic significance / J.B. Harborne, C.A. Williams // *Ann. Bot.* – 2000. – V. LVIII. – R. 43-50. (In English).
13. Wu C. The  $\alpha$ -glucosidase inhibiting isoflavones isolated from *Belamcanda chinensis* leaf extract / C. Wu *Rec. Nat. Prod.* – 2012. – V. 6. – R. 110-120. (In English).
14. Cancer chemopreventive in vitro activities of isoflavones isolated from *Iris germanica* / E. Wollenweber, J.F. Stevens, K. Klimo // *Planta Med.* – 2003. – V. 69. – R. 15-20. (In English).
15. Liu M. Chemical constituents of the ethyl acetate extract of *Belamcanda chinensis* (L.) DC roots and their antitumor activities / M. Liu // *Molecules*. – 2012. – V. 17. – R. 6156-6169. (In English).

**К. Букарбаев<sup>1</sup>, Ш.А. Абжанова<sup>1</sup>, А.Ч. Каташева<sup>1</sup>, А.Ж. Женисова<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет,  
Казахстан, Алматы, ул. Фурката 348/4, Индекс А10Х7В7  
\*e-mail: jenisova1996@bk.ru

#### **ИЗВЛЕЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

*В последние годы особое внимание уделяется совершенствованию технологии производства и использованию натуральных пищевых добавок, улучшающих вкус, аромат и пищевую ценность пищевых продуктов. В статье приготовлены и изучены экстракт шиповника домашнего и имбиря, экстракт базилика в виде смеси. Дана технологическая характеристика сухого экстракта, возможность использования его в качестве сырья, что имеет практическое значение для ускорения экстракционных процессов при производстве пищевых продуктов; во-первых, потому что процессы экстракции занимают много времени; во-вторых, стабильность и органолептические показатели готовых продуктов существенно зависят от качества экстрактов. Этот показатель определяет необходимость проведения исследований по извлечению, разработке и совершенствованию экстрактов из растительного сырья, направленных на регулирование их свойств. Извлечения CO<sub>2</sub> в пищевой промышленности, последние 20 лет были периодом методом адаптации. В течение этого времени потребители также и производители продуктов питания оценили преимущества замены сухих специй теми же экстрактами CO<sub>2</sub>.*

*В связи с этим в лаборатории были приготовлены и исследованы смесь экстрактов облепихи и экстрактов имбиря и базилика. Сделан вывод, что полученные экстракты обладают антиоксидантным действием и могут быть использованы в производстве продуктов питания, в том числе колбасных изделий, а использование экстракта облепихи и масла облепихи в колбасном производстве позволило повысить функционально-технологические свойства продукта. По результатам исследования экстракты, полученные из растительного сырья, перспективны для производства продуктов с антиоксидантным действием.*

**Ключевые слова:** экстракт облепихи, антиоксидант, имбирь, экстракт базилика, биологически активные вещества, биологически активная добавка, CO<sub>2</sub>-экстракция.

**K. Bukarbaev<sup>1</sup>, Sh.A. Abzhanova<sup>1</sup>, A.Ch. Katasheva<sup>1</sup>, A.Zh. Zhenisova<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Almaty Technological University,  
Kazakhstan, Almaty, Furkat str. 348/4, Index A10X7B7  
\*e-mail: jenisova1996@bk.ru

#### **EXTRACTION AND APPLICATION OF EXTRACT FROM VEGETABLE RAW MATERIALS**

*In recent years, emphasis has been placed on the improvement of production technology and the use of natural food additives that improve the taste, aroma and nutritional value of food. The article prepared and studied the extract of wild rose hips and ginger, basil extract in the form of a mixture. The technological characteristics of the dry extract are given, the possibility of using it as a raw material, which is of practical importance for accelerating extraction processes in the production of food products; first, because extraction*

processes take a long time; secondly, the stability and organoleptic characteristics of the finished products significantly depend on the quality of the extracts. This indicator determines the need for research on the extraction, development and improvement of extracts from plant materials, aimed at regulating their properties. The adaptation phase of the CO<sub>2</sub> extraction method has developed in the food industry over the last 20 years. In production, product manufacturers and consumers are convinced of the effective use of dry spices and CO<sub>2</sub> extracts.

In this regard, a mixture of sea buckthorn extracts and extracts of ginger and basil was prepared and studied in the laboratory. It is concluded that the extracts obtained have an antioxidant effect and can be used in the production of food products, including sausages, and the use of sea buckthorn extract and sea buckthorn oil in sausage production has improved the functional and technological properties of the product. According to the results of the study, extracts obtained from plant materials are promising for the production of products with an antioxidant effect.

**Key words:** sea buckthorn extract, antioxidant, ginger, basil extract, biologically active substances, biologically active additive, CO<sub>2</sub>-extraction.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Кайнар Букарбаев** – «Тағамдық биотехнология» кафедрасының доктаранты, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: kainar1982-05@mail.ru

**Шолпан Аманкелдықызы Абжанова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының асс.профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sholpan-ab@mail.ru

**Алма Чамаевна Каташева** – ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының асс.профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru

**Ақмейір Жеңісқызы Жеңісова\*** – техника ғылымдарының магистрі, «Тағамдық биотехнология» кафедрасының ассистенті, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: jenisova1996@bk.ru

#### **Сведения об авторах:**

**Кайнар Букарбаев** – доктарант кафедры «Пищевая биотехнология», Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан; e-mail: kainar1982-05@mail.ru

**Шолпан Аманкелдықызы Абжанова** – кандидат технических наук, асс. профессор кафедры «Пищевая биотехнология», Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан; e-mail: sholpan-ab@mail.ru

**Алма Чамаевна Каташева** – кандидат сельскохозяйственных наук, асс. профессор кафедры «Пищевая биотехнология», Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан; e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru

**Ақмейір Женисовна Женисова\*** – магистр технических наук, ассистент кафедры «Пищевая биотехнология», Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан; e-mail: jenisova1996@bk.ru

#### **Information about authors:**

**Kainar Bukarbaev** – doctoral student of the Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: kainar1982-05@mail.ru

**Sholpan Amankeldykyzy Abzhanova** – candidate of technical sciences, ass. professor of the Department «Food Biotechnology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: sholpan-ab@mail.ru

**Alma Chamaevna Katasheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: alma\_81.kz81@mail.ru

**Akmeir Zheniskyzy Zhenisova\*** – Master of Technical Sciences, Assistant of the Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: jenisova1996@mail.ru

*Редакцияға енуі 16.02.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 18.03.2024*

*Жариялауға қабылданды 03.04.2024*

**Б.А. Идырышев\*, А.Н. Нургазезова, А.М. Байкадамова, М.М. Джумажанова,  
А.М. Муратбаев**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көшесі, 20 А

\*e-mail: b\_1991@mail.ru

## **ЖЕРГІЛІКТІ БАЛҚАРАҒАЙ ЖАҢҒАҒЫНАН АЛЫНҒАН МАЙДЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа:** Бұл мақалада еліміздің Катонқарағай аймағында өсетін сібір балқарағай жаңғағы дәнегінен екі түрлі әдіс: суық пресстеу және термиялық экстракциялау әдістері арқылы алынған балқарағай майларының сапалық көрсеткіштерінің нәтижелері ұсынылған.

Шығыс Қазақстан аймағында сібір балқарағай жаңғағы өсетін үлкен аумақты алып жатқан орман бар. Дегенмен жергілікті балқарағай жаңғағының табиғи қоры болсада, әлі де балқарағай өнімдерінің тағамдық көрсеткіштері толық зерттелмеген. Осы мақсатта балқарағай жаңғағы дәнегінен екі түрлі әдіс арқылы алынған балқарағай майының шығымы, органолептикалық көрсеткіштері мен майқышқылдық құрамына зерттеулер жүргізілді.

Зерттеудің мақсаты Катонқарағай аймағында өсетін балақарағай жаңғағы дәнегінен екі түрлі әдіс нәтижесінде алынған балқарағай майларының сапалық көрсеткіштерін зерттеу және талдау болып табылады. Зерттеу нәтижесінде термиялық экстракциялау нәтижесінде алынған балқарағай майының шығымы суық пресстеу әдісімен алынған балқарағай шығымына қарағанда жоғары болды. Керсінше суық пресстеу көмегімен алынған балқарағай майының қанықпаған майқышқылдар мөлшері жоғары көрсеткіштерді көрсетті. Алынған зерттеу нәтижелері елімізде өсетін сібір балқарағай жаңғағы дәнегінен алынған балқарағай майы адам ағзасына қажетті полиқанықпаған майқышқылдарына бай екендігін көрсетті. Ұсынылған зерттеу көрсеткіштері балқарағай майын әртүрлі тамақ өндірісінде қолдануға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** суық пресстеу әдісі, термиялық экстракциялау, балқарағай майы, майқышқылдары, май шығымы.

### **Әдеби шолу**

Балқарағай (кедр) майы әртүрлі әдістер көмегі арқылы балқарағай жаңғағы дәнегінен алынатын өнім. Қазіргі таңда әлемде жеуге жарамды балқарағай жаңғағының 29 түрінен май өндіріледі [1].

Дәстүрлі түрде ең құнды балқарағай өнімі ретінде жаңғақ дәнегінен алынатын балқарағай майы есептеледі [2,3]. Майдың шығымы пресстеу әдісіне байланысты (суық және ыстық пресс, еріткішпен экстракциялау), бірақ әдетте 100 г. жаңғақ дәнегінен 45-65 г. май алынады [4,5].

Балқарағай жаңғағының майы – адам ағзасының қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет жоғары сапалы табиғи және экологиялық таза тағамдық қоспа [6,7]. Балқарағай майы қоректік заттардың нағыз табиғи қоры. Оның құрамына ақуыздар, көмірсулар, қаныққан және қанықпаған май қышқылдары, фосфатидтер, А, В1, В2, В3 (РР), Е, D дәрумендері, лецитин, эфир майлары мен минералды заттар кіреді. Балқарағай майындағы Е дәрумені зәйтүн майына қарағанда бірнеше есе жоғары. Тамақтануда балқарағай майын пайдалану ағзаның жұмысқа қабілеттілігін арттырып, психоземоционалды бұзылулармен күресуге мүмкіндік береді. Балқарағай майының емдік және профилактикалық шаралар кешенінде пайдалы әсері белгілі [8-9]. Балқарағай майының әлемде аналогы жоқ. Балқарағай майы табиғи өнім болып табылады және бүкіл әлемде тамақ өнеркәсібінде ғана емес, косметология мен медицинада да қолданылады. Оның негізінде кремдер, парфюмериялар, лосьондар, сусабындар және т.б. косметикалық өнімдердің тұтас сериясы жасалады. Қарағай майы асқазан ауруларын, геморройды және аллергияны емдеуде қолданылады [10].

Балқарағай жаңғағы мен одан алынған өнімдердің антиоксиданттық қасиеттері анықталды. Егеуқұйрықтарға жасалған зерттеу [11,12] нәтижесінде Қиыр Шығыс балқарағай майын тұтынатын жануарлар қанының антиоксиданттық қабілетінің жоғарлауы белгілі болды.

Лин және тағы басқа да ғалымдар [13] деодар қарағай жаңғақтарынан айқын антиоксиданттық қасиеттері бар, импульстік әсер мен электр өріс арқылы 90 %-ға дейінгі күшейтілген 4 пептид алды. Балқарағай майының жасушалық белсенділікті төмендету қабілетін қатерлі ісік метастаздарын тежеу үшін пайдалану жоспарлануда [14].

Балқарағай жаңғағы өте пайдалы қасиеттеріне байланысты өзінің өсетін кез-келген жерінде халық арасында әрқашан үлкен сұранысқа ие. Ең көп тұтынатын балқарағай жаңғағы – корейя балқарағай жаңғағы (*Pinus koraiensis*), сибір балқарағай жаңғағы (*Pinus sibirica*), итальян балқарағай жаңғағы (*Pinus pinea*) және жерард балқарағай жаңғағы (*Pinus gerardiana*) болып табылады [15,16].

Сібір балқарағай жаңғағы Ресей жерінен тыс тек Қазақстанда және солтүстік Монғолияда өседі. Қазақстанда Алтайда, Тарбағатай және Сауыр тауларында аймағында өседі [10].

Орман белдеуі Шығыс Қазақстан аумағының шамамен 40%-ын алып жатыр. Орманды негізгі 5 қылқан жапырақты тұқымдар құрайды: Шырша, самырсын, қарағай, сағызқарағай және балқарағай. Шығыс Қазақстан аумағындағы ормандар қартайып келеді. Ағашты және халық тұтынатын әртүрлі орман өнімдерін терең өңдеуді ұйымдастыру мәселесі тұр [17,18]. Жергілікті балқарағай өнімдерін тамақ өндірісінде қолдану үшін өнімдердің сапалық құрамын зерттеу керек.

Осыған дейін әртүрлі тамақ өнімдерінің құрамында қоспа ретінде қолдану мақсатында Катонқарағай аймағында өсетін балқарағай жаңғағы дәнегі мен балқарағай күнжарасына зерттеулер жүргізілді [19]. Осы жұмыстың мақсаты еліміздің Шығыс Қазақстан аймағында өсетін балқарағай жаңғағы дәнегінен суық престоу алу әдісі нәтижесінде алынған балқарағай майының май қышқылдық құрамын зерттеу болып табылады.

#### **Зерттеу нысандары мен әдістері**

Тәжірибелік зерттеу жұмыстары Шәкәрім атындағы университетінің «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының зертханасы мен Кемерово мемлекеттік (РФ) университетінің биотехнология ғылыми зерттеу зертханасында орындалды.

Зерттеу нысаны ретінде Катонқарағай аймағында өсетін сибір балқарағай жаңғағынан екі түрлі әдістер (суық престоу әдісі және экстракциялау) арқылы алынған балқарағай майлары алынды.

Суық престоу әдісі. Тазаланған балқарағай дәнегі дегидраторда 50°C температурада ылғалдылығы 2-4 сағат кептірілді. Кептірілген балқарағай дәнегін 35-40°C температурада oil Dream modern электрлі майпрессе (RawMid компаниясы, РФ) балқарағай дәнегін сығу арқылы май алынады.

Термиялық экстракция әдісі бойынша алдын-ала тазаланған балқарағай дәнегін (ядро) дезинтеграторда ұсақтайды. Ұсақтау кезінде дезинтегратордың екі цилиндрлі сырық арасынан өткен ядроның жасушалық құрылымы, өлшемі 400-600 мкм болатын өте жұқа бөлшектерге ұсақталады. Ұсақталған биомассаны сумен 70-80 °C температурада материалдың ерітіндіге (су) 1:8-ден 1:10-ға дейінгі қатынасында 40-60 минут уақыт көлемінде экстракциялайды. Алынған қоспаны центрифугада май мен ақуызды массаға бөлініп алынады.

Органолептикалық көрсеткіштері 5 балдық жүйе бойынша бағаланды (МЕСТ 18848 – 2019).

Өнімнің майқышқылдық құрамының көрсеткіштері газды хроматография («Perkin-Elmer» АҚШ) көмегімен анықталды.

#### **Нәтижелер және оларды талқылау**

Зерттеу жұмыстары үш бағытта жүргізілді. Екі түрлі әдіс көмегімен алынған балқарағай майларының шығымы, органолептикалық көрсеткіштері мен майқышқылдық құрамы зерттелді.

Кесте 1 – Екі түрлі әдіс арқылы алынған балқарағай майларының шығымы мен күнжараның майлалығы.

Әдіс атаулары:	Майдың шығымы, %	Күнжараның майлылығы, %
1. Суық престоу әдісі	45,25	25,10
2. Термиялық экстракциялау әдісі	51,35	20,15

1-ші кестеге сәйкес термиялық экстракциялау әдісі нәтижесінде алынған балқарағай майының шығымы 51,35 % құрады. Бұл өз кезегінде суық сығып алу әдісі арқылы алынған балқарағай майының шығымына қарағанда 6,1 % жоғары екендігін көрсетеді.

Кесте 2 – Екі түрлі әдіс арқылы алынған балқарағай майларының органолептикалық бағалау көрсеткіштері

Органолептикалық көрсеткіштері, балл	Суық престоу әдісі бойынша алынған балқарағай майы	Термиялық экстракциялау нәтижесінде алынған балқарағай майы
Дәмі	5	3
Иісі	5	4
Мөлдірлігі	4	5
Түсі	4	5
Жалпы	4,5	4,25

Термиялық экстракциялау әдісімен алынған балқарағай майының түсі алтын-сары түстен қоңыр-сары түске дейін. Өткір иіс пен дәмге ие, мөлдір, майлы сұйықтық болып табылады.

Суық престоу көмегімен алынған балқарағай майының түсі ашық-сары, дәмі бейтарап әлсіз жағымды жаңғақтың дәмі бар, бұлыңғыр, майлы сұйықтық көрсеткішке ие. 2-ші кестеге сәйкес малыстырмалы түрде суық престоу көмегімен алынған балқарағай майының органолептикалық сипаттамасы жоғары 4,5 балл көрсеткішімен бағаланды.

Өсімдік майларының сапасы олардың майқышқылының құрамымен анықталады. Өсімдік майлары қанықпаған май қышқылдарының негізгі көздерінің бірі екені белгілі, олардың кейбіреулері адам ағзасы үшін өте маңызды. Оларға адам ағзасында синтезделмейтін линол және линолен қышқылдары жатады, бірақ арахидон, эйкозапентаен және докозагексаен сияқты қанықпаған ұзын тізбекті қышқылдарды синтездеу үшін қажет. Соңғы аталған үш қышқыл тек қана жасуша мембраналарының компоненттері ғана емес, сонымен қатар бірқатар маңызды биологиялық белсенді заттардың және жасушаларда реттеуші функцияларды орындайтын простагландиндердің негізі болып табылады.

Зерттеу барысында балқарағай жаңғағы дәнегінен суық престоу әдісі және термиялық экстракция әдістері арқылы алынған майлардың майқышқылдық құрамы зерттелді.

Кесте 3 – Екі түрлі әдіс арқылы алынған балқарағай майларының майқышқылдық құрамы

Майқышқылдары	Массалық үлесі, %	
	Суық престоу әдісі бойынша алынған балқарағай майы	Термиялық экстракциялау нәтижесінде алынған балқарағай майы
Қаныққан майқышқылдары:		
Пальмитинді C <sub>16:0</sub>	4,25 ± 0,423	4,10 ± 0,414
Стеаринді C <sub>18:0</sub>	2,55 ± 0,213	2,28 ± 0,174
Моноқанықпаған майқышқылдары:		
Олеинді C <sub>18:1</sub> , ω-9	22,70 ± 2,651	21,20 ± 2,123
Полиқанықпаған майқышқылдары:		
Линолді C <sub>18:2</sub> , ω-6	46,10 ± 4,214	45,70 ± 4,012
α-Линоленді C <sub>18:1</sub> , ω-3	0,23 ± 0,019	0,22 ± 0,013
γ-Линоленді C <sub>18:3</sub> , ω-9	20,10 ± 2,250	19,80 ± 1,224

Суық престоу әдісі арқылы алынған балқарағай майының қанықпаған майқышқылдарының (Олеинді C<sub>18:1</sub> 22,70%, линолді C<sub>18:2</sub> 46,10%) көрсеткіштері термиялық экстракциялау нәтижесінде алынған майға қарағанда жоғары болды. Бұл өз кезегінде термиялық өңдеу кезінде жоғары температурамен өңдеуімен түсіндіріледі. Жоғары температурамен өңдеу кезінде липидтерде тотығу процестері жүреді. Екі әдіс көмегімен алынған балқарағай майларының майқышқылдық құрамы қанықпаған майқышқылдарының жоғары қайнар көзін көрсетті.

## Қорытынды

Балқарағай майын өндіріп алудың екі түрлі әдісін пайдалану нәтижесінде, термиялық экстракциялау әдісі арқылы алынған майдың шығымы 51,35%, ал күнжараның майлылығы 20,15% құрады. Ал майқышқылды құрамын зерттеу кезінде суық престоу нәтижесінде моножәне полиқаньқапаған майқышқылдарының мөлшері жоғары болды, яғни олеинді 22,70%, линолді 46,10%, ал у-линоленді май қышқылы 20,10% құрады. Екі әдіс бойынша алынған майлардың құрамындағы майқышқылдарының әртүрлі болуы тікелей температураның әсерінен болатын липидтердің тотығуына тәуелділігі.

Зерттеу нәтижелері жергілікті балқарағай майын функционалды тамақ өнімдері технологиясында қолдануға мүмкіндік береді.

## Әдебиеттер тізімі

1. Совершенствование технологии и оборудования производства кедрового масла / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, В.Н. Холопов // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. XL, № 5. – С. 444-449.
2. Mazalevskiy V.B. Developing foodstuffs from pine nut kernels / V.B. Mazalevskiy, K.N. Nitsievskaya, O.K. Motovilov // Siberian Herald of Agricultural Sciences. – 2015. – vol. 6, № 247, P. 76-81.
3. Analysis of Pine Nut Oil Composition and Its Effects on Obesity / K.K. Kim, Y.H. Kang, D.J. Kim et al // Korean Journal of Food Science and Technology. – 2014. – vol. 46, № 5. – P. 630-635.
4. Zadernowski R. Chemical composition of Pinus Sibirica nut oils / R. Zadernowski, M. Naczka, S. Czaplinski // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2009. – vol. 111, № 7. – P. 698-704.
5. In vivo antioxidant activity of Pinus Koraiensis nut oil obtained by optimised supercritical carbon dioxide extraction / X.Q. Chen, Y. Zhang, Z.Y. Wang, Y.G. Zu // Natural Product Research. – 2011. – vol. 25, № 19. – P. 1807-1816.
6. Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from Pinus pinea L. / L.M. Carcel, J. Bon, L. Acuna et al // Journal of Food Engineering. – 2012. – vol. 110, № 2. – P. 294-297.
7. Enrichment of pinolenic acid from pine nut oil via lipase-catalyzed ethanolysis with an immobilized Candida antarctica lipase / B.M. Lee, J.H. Choi, S.I. Hong et al // Biocatalysis and Biotransformation. – 2011. – vol. 29, № 4. – P. 155-160.
8. Effect of Siberian cedar pine fatty oil with aspirin stomach ulcer / K.S. Samgurova, M.E. Vruble, M.U. Alieva et al // International Journal of Experimental Education. – 2015. – № 2. – P. 58-59.
9. Preparation and characterization of pine nut peptides processing optimization of the beverage made from the pine nut (Pinus koraiensis) peptides / C. Wang, M. Du, L.Z. Jiang, B.W. Zhu // Agro food industry hi-tech. – 2012. – vol. 23, № 3. – P. 17-20.
10. Идырышев Б.А. Өсімдік қоспасын қолдану арқылы функционалдық бағыттағы жартылай ет фабрикасының технологиясын әзірлеу: дис. ... док. философ. (PhD): 6D072700: защищена 09.10.2023 / Идырышев Берік Арыстанбекұлы. – Семей, 2023. – 35 с.
11. Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from Pinus pinea L. / L.M. Carcel, J. Bon, L. Acuna et al // Journal of Food Engineering. – 2012. – vol. 110, № 2. – P. 294-297.
12. Antioxidant activity improvement of identified pine nut peptides by pulsed electric field (PEF) and the mechanism exploration / S. Lin, R. Liang, P. Xue, et al // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – vol. 75. – P. 366-372.
13. Pinolenic acid inhibits human breast cancer MDA-MB-231 cell metastasis in vitro / S.-J. Chen, C.-P. Hsu, C.-W. Li et al // Food Chemistry. – 2011. – vol. 126, № 4. – P.1708-1715.
14. Xie K. A review of the potential health benefits of pine nut oil and its characteristic fatty acid pinolenic acid / K. Xie, E.A. Miles, P.C. Caldera // Journal of Functional Foods. – 2016. – vol. 23. – P. 464-473.
15. Identification of the botanical origin of pine nuts found in food products by gas-liquid chromatography analysis of fatty acid profile / F. Destailats, C. Cruz-Hernandez, F. Giuffrida, F. Dionisi // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – vol. 58, № 4. – P. 2082-2087.
16. Егорина А.В. Физическая география Восточного Казахстана / А.В. Егорина, Ю.К. Зинченко, Е.С. Зинченко, Усть Каменогорск: Альфа-Пресс, 2002. – 182 с

17. Лутай С.С. Комплексная безотходная переработка кедровой шишки в условиях Восточного Казахстана / С.С. Лутай, А.О. Лутай, А.Л. Воробьев // *Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения* : Сборник научных статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – г. Нижний Новгород, 2022. – С. 317-321.
18. Идырышев Б.А. Шығыс Қазақстан аймағында өсетін, балқарағай дәні мен олардан өңделіп алынған өнімдердің минералдық құрамын зерттеу / Б.А. Идырышев, А.Н. Нургазезова, Ж.М. Атамбаева // *Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің хабаршысы*. – 2019. – № 3(87). – Б. 40- 42.

### References

1. Sovershenstvovanie tekhnologii i oborudovaniya proizvodstva kedrovogo masla / V.N. Nevzorov, Zh.A. Kokh, I.V. Matskevich, V.N. Kholopov // *Khvoynye boreal'noi zony*. – 2022. – Т. XL, № 5. – С. 444-449. (In Russian).
2. Mazalevskiy V.B. Developing foodstuffs from pine nut kernels / V.B. Mazalevskiy, K.N. Nitsievskaya, O.K. Motovilov // *Siberian Herald of Agricultural Sciences*. – 2015. – vol. 6, № 247. – R. 76-81. (In English).
3. Analysis of Pine Nut Oil Composition and Its Effects on Obesity / K.K. Kim, Y.H. Kang, D.J. Kim et al // *Korean Journal of Food Science and Technology*. – 2014. – vol. 46, № 5. – R. 630-635. (In English).
4. Zadernowski R. Chemical composition of Pinus Sibirica nut oils / R. Zadernowski, M. Naczek, S. Czaplinski // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2009. – vol. 111, № 7. – R. 698-704. (In English).
5. In vivo antioxidant activity of Pinus Koraiensis nut oil obtained by optimised supercritical carbon dioxide extraction / X.Q. Chen, Y. Zhang, Z.Y. Wang, Y.G. Zu // *Natural Product Research*. – 2011. – vol. 25, № 19. – R. 1807-1816. (In English).
6. Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from Pinus pinea L. / L.M. Carcel, J. Bon, L. Acuna et al // *Journal of Food Engineering*. – 2012. – vol. 110, № 2. – R. 294-297. (In English).
7. Enrichment of pinolenic acid from pine nut oil via lipase-catalyzed ethanolysis with an immobilized Candida antarctica lipase / B.M. Lee, J.H. Choi, S.I. Hong et al // *Biocatalysis and Biotransformation*. – 2011. – vol. 29, № 4. – R. 155-160. (In English).
8. Effect of Siberian cedar pine fatty oil with aspirin stomach ulcer / K.S. Samgurova, M.E. Vruble, M.U. Alieva et al // *International Journal of Experimental Education*. – 2015. – № 2. – R. 58-59. (In English).
9. Preparation and characterization of pine nut peptides processing optimization of the beverage made from the pine nut (Pinus koraiensis) peptides / C. Wang, M. Du, L.Z. Jiang, B.W. Zhu // *Agro food industry hi-tech*. – 2012. – vol. 23, № 3. – R. 17-20. (In English).
10. Idyryshev B.A. Osimdik kospasyn koldanu arkyly funktsionaldyk bagyttagy zhartylai et fabrikatynyn tekhnologiyasyn azirleu: dis. ... dok. filocof. (PhD): 6D072700: zashchishchena 09.10.2023 / Idyryshev Berik Arystanbekuly. – Semei, 2023. – 35 s. (In Kazakh).
11. Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from Pinus pinea L. / L.M. Carcel, J. Bon, L. Acuna et al // *Journal of Food Engineering*. – 2012. – vol. 110, № 2. – R. 294-297. (In English).
12. Antioxidant activity improvement of identified pine nut peptides by pulsed electric field (PEF) and the mechanism exploration / S. Lin, R. Liang, P. Xue, et al // *LWT – Food Science and Technology*. – 2017. – vol. 75. – R. 366-372. (In English).
13. Pinolenic acid inhibits human breast cancer MDA-MB-231 cell metastasis in vitro / S.-J. Chen, C.-P. Hsu, C.-W. Li et al // *Food Chemistry*. – 2011. – vol. 126, № 4. – R.1708-1715. (In English).
14. Xie K. A review of the potential health benefits of pine nut oil and its characteristic fatty acid pinolenic acid / K. Xie, E.A. Miles, P.C. Caldera // *Journal of Functional Foods*. – 2016. – vol. 23. – R. 464-473. (In English).
15. Identification of the botanical origin of pine nuts found in food products by gas-liquid chromatography analysis of fatty acid profile / F. Destailats, C. Cruz-Hernandez, F. Giuffrida, F. Dionisi // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – vol. 58, № 4. – R. 2082-2087. (In English).

16. Egorina A.V. Fizicheskaya geografiya Vostochnogo Kazakhstana / A.V. Egorina, YU.K. Zinchenko, E.S. Zinchenko. – Ust' Kamenogorsk: Alfa-Press, 2002. – 182 s. (In Russian).
17. Lutai S.S. Kompleksnaya bezotkhodnaya pererabotka kedrovoi shishki v usloviyakh Vostochnogo Kazakhstana / S.S. Lutai, A.O. Lutai, A.L. Vorob'ev // Lesnoe khozyaistvo: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya : Sbornik nauchnykh statei po materialam Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii. – g. Nizhnii Novgorod, 2022. – S. 317-321. (In Russian).
18. Idyryshev B.A. Shyrys Қазақстан аймағында өсетін, бақарағай дәні мен олардан өңделіп алынған өнімдердің минералдық құрамын зерттеу / B.A. Idyryshev, A.N. Nurgazezova, ZH.M. Atambaeva // Semei қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің хабаршисы. – 2019. – № 3(87). – B. 40-42. (In Kazakh).

#### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

Мақала ЖТН АР22684076 «Жергілікті өсімдік шикізатын қолдану арқылы май-қышқылдық құрамы оңтайландырылған функционалды бағыттағы ет өнімінің технологиясын әзірлеу» гранттық қаржыландырудың ғылыми жобасы шеңберінде дайындалған (Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі).

**Б.А. Идырышев\*, А.Н. Нургазезова, А.М. Байкадамова, М.М. Джумажанова, А.М. Муратбаев**

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
\*e-mail: b\_1991@mail.ru

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАСЛА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МЕСТНОГО КЕДРОВОГО ОРЕХА**

*В данной статье представлены результаты качественных показателей кедровых масел, полученных двумя различными способами из семян кедрового ореха Сибирского, произрастающего в восточном регионе страны.*

*Кедровое масло-настоящий естественный кладезь питательных веществ. Он включает белки, углеводы, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, фосфатиды, витамины А, В1, В2, В3 (РР), Е, D, лецитин, эфирные масла и минералы.*

*До этого были проведены исследования на семенах и жмыхах кедрового ореха. В Восточно-Казахстанской области есть лес, занимающий большую территорию, где растет Сибирский кедровый орех. Однако, несмотря на то, что местные кедровые орехи являются природными запасами, пищевая ценность кедровых продуктов до сих пор полностью не изучена. С этой целью были проведены исследования выхода, органолептических показателей и жирнокислотный состав кедрового масла, полученного двумя разными методами.*

*В результате исследования выход кедрового масла, полученного в результате термической экстракции, был выше, чем выход кедрового масла, полученного методом холодного прессования. Содержание ненасыщенных жирных кислот в кедровом масле, полученном при помощи холодного прессования, показало высокие показатели. Результаты представленного исследования показали, что кедровое масло, полученное из семян сибирского кедрового ореха, произрастающего в нашей стране, богато полиненасыщенными жирными кислотами, необходимыми для организма человека.*

**Ключевые слова:** метод холодного пресса, термическая экстракция, кедровое масло, жирные кислоты, выход масла.

**B. Idyryshev\*, A. Nurgazezova, A. Baykadamova, M. Dzhumazhanova, A. Muratbayev**

Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A  
\*e-mail: b\_1991@mail.ru

#### **INVESTIGATION OF THE QUALITY INDICATORS OF OIL OBTAINED FROM LOCAL PINE NUTS**

*This article presents the results of qualitative indicators of cedar oils obtained in two different ways from seeds of Siberian pine nuts growing in the eastern region of the country.*

*Cedar oil is a real natural storehouse of nutrients. It includes proteins, carbohydrates, saturated and unsaturated fatty acids, phosphatides, vitamins A, B1, B2, B3 (PP), E, D, lecithin, essential oils and minerals.*



*Prior to this, studies were conducted on seeds and cake of pine nuts. In the East Kazakhstan region there is a forest covering a large area where Siberian pine nuts grow. However, despite the fact that local pine nuts are natural reserves, the nutritional value of cedar products has not yet been fully studied. To this end, studies were conducted on the yield, organoleptic parameters and fatty acid composition of cedar oil obtained by two different methods.*

*As a result of the study, the yield of cedar oil obtained by thermal extraction was higher than the yield of cedar oil obtained by cold pressing. The content of unsaturated fatty acids in cedar oil obtained by cold pressing showed high rates. The results of the presented study showed that cedar oil obtained from the seeds of Siberian pine nuts growing in our country is rich in polyunsaturated fatty acids necessary for the human body.*

**Key words:** cold press method, thermal extraction, cedar oil, fatty acids, oil yield.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Берік Арыстанбекұлы Идырышев\*** – «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының аға оқытушысы, PhD; Семей қаласының Шәкәрім атындағы уни-верситеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: b\_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

**Алмагул Нургазезовна Нургазезова** – «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» қауымдастырылған профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы уни-верситеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-5632-638X>.

**Асемгуль Мадениетовна Байкадамова** – «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының PhD докторы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы уни-верситеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: asemgul93@yandex.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0003-0062-6997>.

**Мадина Муратовна Джумажанова** – «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының PhD докторы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9169-6722>.

**Алибек Манарбекович Муратбаев** – «Технологиялық жабдықтар және машинажасау» кафедрасының аға оқытушысы, PhD, Семей қаласының Шәкәрім атындағы уни-верситеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ; e-mail: great\_mister@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0830-5007>.

#### **Сведения об авторах**

**Берік Арыстанбекұлы Идырышев\*** – старший преподаватель, PhD кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: b\_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

**Алмагул Нургазезовна Нургазезова** – ассоциированный профессор кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-5632-638X>.

**Асемгуль Мадениетовна Байкадамова** – PhD кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: asemgul93@yandex.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0003-0062-6997>.

**Мадина Муратовна Джумажанова** – PhD кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9169-6722>.

**Алибек Манарбекович Муратбаев** – PhD, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: great\_mister@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0830-5007>.

#### **Information about the authors**

**Berik Idyryshev\*** – PhD of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ab\_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

**Almagul Nurgazezova** – associate professor of the department Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-5632-638X>.

**Assemgul Baikadamova** – PhD of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: asemgul93@yandex.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0003-0062-6997>.

**Madina Jumazhanova** – PhD of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-9169-6722>.



**М.Б. Кенжеханова<sup>1\*</sup>, Л.А. Мамаева<sup>1</sup>, С.С. Ветохин<sup>2</sup>, А.К. Тулекбаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Абая, 8

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

<sup>3</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,  
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр-к Тауке-хана, 5

\*e-mail: mikosha.ken@mail.ru

## **СОСТАВ БЛАНШИРОВАННОГО РАСТВОРА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЯБЛОЧНЫХ ЧИПСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВКУСОВЫХ СВОЙСТВ И ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ**

**Аннотация:** На продовольственном рынке стран Евразийского экономического союза стали появляться фруктовые снеки, которые быстро завоевывают популярность практически среди всех возрастных категорий потребителей, особенно молодого поколения, как в плане их высокой биологической ценности, так и возможности заменить продукты, которые не рекомендуются диетологами для частого употребления, например, картофельные чипсы. В странах дальнего зарубежья наиболее популярными являются яблочные чипсы, и наши ближайшие соседи – российские и белорусские производители стали активно занимать эту нишу, поставляя на казахстанский рынок яблочные чипсы. Это ставит перед отечественными учеными актуальную задачу налаживания собственных производств, так как сырьевая база южных регионов может обеспечить в промышленных масштабах различными сортами яблок. Яблочные чипсы отличаются от традиционных сухофруктов своими органолептическими характеристиками – вкус более насыщен, сохраняется форма пластин и хрустящая корочка, а содержание витаминов и микроэлементов близко к составу свежих яблок. Одним из особенностей разрабатываемой технологии является применение специального сиропобразного раствора, в котором бланшируют ломтики яблок, позволяющего не только улучшить внешний вид конечного продукта, но и максимально сохранить биологически вещества – витамины, аминокислоты и микроэлементы, которые присутствуют в исходном сырье. В качестве объектов исследований выбраны помологические сорта яблок, выращиваемых в Туркестанской области, биометрические характеристики которых, соответствуют стандартам на исходное сырье. В лабораторных условиях выбран оптимальный состав бланшированного раствора, режимные параметры нарезки и обработки яблочных пластин в растворе и их сушки. Впервые установлен аминокислотный и витаминный состав сортов Джонаголд и Джерамин, в которых присутствуют 13 видов аминокислот и витамины группы В. По содержанию основного витамина С, а также углеводов, сухих веществ, клетчатки, флаваноидам, пектину, водорастворимых экстрактивных веществ сорт Джонаголд превышает в среднем на 50%. Установлено, что наиболее оптимальным составом бланшированного раствора является следующий ингредиентный состав – 30 мас. % сахарозы, 1,5 мас. % аскорбиновой кислоты, 0,5 мас. % лимонной кислоты. Режимные параметры подготовки раствора –  $t=45-50^{\circ}\text{C}$ , время растворения 5-10 мин. Установлено, что время высыхания насыщенных сиропом ломтиков яблочных чипсов при использовании конвенционной сушки увеличивается до 36-48 часов.

**Ключевые слова:** яблочное сырье, помологический сорт, яблочные чипсы, аминокислотный и витаминный состав, сиропобразный раствор, бланширование, режимные параметры.

## Введение

Современные тенденции здорового образа жизни человека, предполагают в первую очередь обратить внимание на питание, которое должно быть сбалансированно по белкам, жирам и углеводам, а также, наличием важных для организма микроэлементов и витаминов. Однако, многие исследователи подтверждают тот факт, что ритм жизни, в особенности городского населения, а также, появление на продовольственном рынке пищевых продуктов, которые не всегда можно отнести к здоровым, усиливают риски предрасположенности к различным заболеваниям, ожирению и так далее [1,2]. Так, например, в последние годы активно развивается рынок продуктов быстрого потребления, так называемых снеков, наиболее известными являются картофельные чипсы, которые, как по калорийности, так и по содержанию в них соли, нельзя отнести к продуктам здорового питания, тем более, довольно часто, люди употребляют их в количествах, превышающие все рекомендуемые диетологами нормы.

Необходимость выбора альтернативы для таких продуктов потребителями, стала актуальной задачей для исследователей, работающих в направлении создания новых продуктов с улучшенными характеристиками по биологической ценности и наличием в них ряда жизненно важных веществ [3,4,5]. Такими свойствами обладают фруктовые снеки, изготавливаемые из различных фруктов и овощей [6,7]. Однако, для того, чтобы продукты их переработки обладали необходимыми потребительскими свойствами – красивый внешний вид, вкус, запах, консистенция, а также максимально сохраняли в себе все микроэлементы и витамины, свойственные тому или иному исходному сырью, перед учеными стоит задача разработки этапов технологии их переработки, которая позволяет выполнить эту задачу [8,9].

В рамках проводимых нами исследований, в качестве исходного сырья для получения яблочных чипсов, выбраны яблоки, районированные в природных условиях Казахстана, так как эффективность дальнейшей промышленной переработки зависит от наличия достаточной сырьевой базы, возможности круглогодичной переработки и логистических преимуществ [10]. Результаты исследований позволили выбрать сорта яблок, наиболее пригодных для их промышленной переработки, а также изучены их размерные характеристики, минеральный и химический состав, которые в дальнейшем влияют на технологические параметры последующей переработки в технологии их изготовления [11,12].

При технологической переработке яблок, в различные снековые продукты, в том числе яблочные чипсы, необходимо учитывать биологические процессы, которые протекают в исходном сырье и играют важную роль в формировании таких органолептических характеристик, как внешний вид, вкус, цвет и аромат, а также влияют на питательную ценность и сохранность микроэлементов и витаминов конечных продуктов. Как известно, в растительной клетке присутствуют разнообразные ферменты, среди которых, наиболее значимыми, для технологической переработки свежих фруктов, в том числе яблок, являются группы ферментов, обладающих окислительно-восстановительными и гидролитическими свойствами, которые представляют собой сложные органические соединения, например, такие как, аскорбиноксидаза, пероксидаза и фенолоксидаза [13,14,15]. Все эти ферменты в растительной клетке располагаются в небольших отсеках, называемых хлоропластами, окруженных мембранной и не соприкасающихся друг с другом при целостной структуре плода фрукта. Однако, при нарушении целостности плода, например, нарезании, когда его клетки разрушаются, происходит процесс соединения этих ферментов, а контактирование их с кислородом воздуха запускает реакции окисления, которые создают соединения орто-или о-хинона, вызывающих полимеризацию, при котором, происходит образование меланина, из-за которого и происходит ферментативное потемнение плода [16,17,18].

Необходимо отметить, что полимеризация хинонов замедляется при повышении кислотности и низкотемпературных режимах, что может использоваться при разработке технологических приёмов переработки яблочного сырья, например, подкислять растворы, в которые загружают нарезанные ломтики, либо, при применении предварительной процедуры бланширования нарезанных кусков в специальном сиропе, в состав которого, обязательно включается лимонная кислота [19,20].

Для создания условия, при котором, теряется способность растительных и микробных клеток в процессе своей жизнедеятельности влиять на порчу пищевого продукта в практике переработки фруктового сырья в состав сиропообразного раствора вводится сахароза, которая при осмотическом процессе переноса веществ при технологической обработке сырья, вызывает эффект плазмолиза у микробных клеток, и не дает им выходить из анабиотического состояния, что положительно влияет на сроки хранения готовых продуктов, снижая порчу продукта [21,22]. Также, нами, в процессе проведения исследований, по разработке оптимального состава бланшированного раствора для повышения содержания витамина С, которым, богато исходное яблочное сырье, и часть которого, неизбежно теряется при технологической переработке, было принято решение применить аскорбиновую кислоту, которая, участвует в ингибировании реакции меланоидинообразования и способствует максимальной сохранности витамина С [21,23].

Целью работы являлось исследование по выбору состава бланшированного раствора для применения его в технологии изготовления яблочных чипсов из яблок, районированных в Казахстане с целью сохранения витаминного состава, предотвращения реакций меланоидинообразования влияющего на внешний вид готового продукта, снижения активности микробных клеток для повышения срока годности пищевого продукта.

### **Материалы и методы**

Объектами исследований послужили помологические сорта яблок, выращиваемые в промышленных объемах в фермерских кооперативах Туркестанской области, которые показали наиболее оптимальные для их последующей переработки биометрические характеристики, цветовую гамму, органолептические, физико-химические показатели и минеральный состав. По срокам хранения и оптовой цене, они также были наиболее подходящими для дальнейшей промышленной переработки.

Для исследований были выбраны следующие сорта: из этих:

Образец № 1 – сорт Джонаголд.

Образец № 2 – сорт Джеромин.

Весовые и размерные показатели образцов сортов яблок для исследований определяли по ГОСТ 34314.

Исходные образцы выбранных сортов яблок были проанализированы в аккредитованной испытательной лаборатории Алматинского технологического университета на витаминный, углеводный и аминокислотный состав.

Экспериментальная часть исследований выполнена в лаборатории кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов» Казахского национального аграрного исследовательского университета (г. Алматы) и кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (г. Шымкент).

### **Результаты**

Биометрические характеристики образцов № 1 и № 2:

Масса плодов в среднем 230-250г, площадь поперечного сечения плодов – более 60 мм, диаметр плодов составляет 85-100 мм.

Внешний вид, вкусовые характеристики и запах образцов: Образец № 1 – сладковатый, мякоть плода на разрезе мягкая желтовато-белая, процесс окисления плода с потемнением поверхности более длителен, чем у других помологических сортов. Образец № 2 – кисло-сладкий вкус с ощущением свежести, мякоть на разрезе плода твердая масса.

По стандартизированной цветовой гамме Образец № 1 по цветовому окрасу отнесен к группе Д, так как в нем преобладают зеленые оттенки, образец № 2 – приближен к группам А и В, так как имеет окрас в  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{3}{4}$  к общей площади поверхности плода.

На основании протоколов испытаний, полученных от аккредитованной Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов Алматинского технологического университета, получены следующие данные по образцам № 1 и № 2, которые приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Физико-химические показатели исходного яблочного сырья

Показатели	Образец № 1	Образец № 2
массовая доля углеводов, %	14,15±0,04	16,54±0,07
массовая доля сухих веществ, %	14,39±0,05	16,89±0,02
массовая доля клетчатки, %	1,27±0,02	1,39±0,03
флаваноиды, %	0,029±0,005	0,031 ±0,005
содержание пектина, %	1,69±0,05	1,75±0,02
массовая доля осадки, %	1,89±0,02	2,23±0,05
массовая доля водорастворимых экстрактивных веществ, %	5,41±0,02	6,37±0,03

Таблица 2 – Углеводный состав образцов, в г/100 г

Показатели	Образец №1	Образец №2
сахароза	0,98	5,73
мальтоза	2,18	3,18
фруктоза	2,91	9,19
глюкоза	8,35	Не обнаружено

Таблица 3 – Содержание витаминов в исходных образцах

Показатели	Образец №1	Образец №2
А, мг/100 г	Не обнаружено	Не обнаружено
Е, мг/100 г:	1,132	0,31
– α	0,80	Не обнаружено
– β	Не обнаружено	0,040
– γ	0,042	Не обнаружено
– δ	0,29	0,27
Витамин С, мг/100 г	3,05±1,04	2,13±0,72

Содержание водорастворимых витаминов в образце № 1 в мг/100 г, определялся методом ВЭЖХ на аппарате «Капель», результаты приведены на рисунке 1 и таблицы 4.

Полученные данные: Приложение № 1 к протоколу № 176 от «09» марта 2023 г. Дата: 27.02.2023 13:44:21. Оператор: polzovatel Файл ЭФГ: C:\Lumex\Elforun\mdf\АК Алма № 1 вит.\_2302271344.mdf. Файл метода: C:\Lumex\Elforun\Программы\Витамины с давлением\_Жанар\_291112.mtk. Температура анализа: 30,0°С. Длина волны: 200. Проба: Алма № 1 вит. Метод расчета: Абсолютная градуировка  
Этап 1. Время 899 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 0 мбар, Длина волны 200 нм.  
Этап 2. Время 300 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 50 мбар, Длина волны 200 нм.

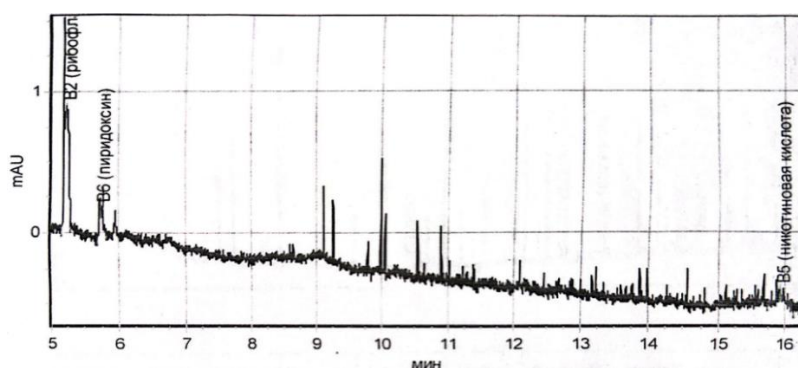


Рисунок 1 – Результаты испытаний по содержанию водорастворимых витаминов в исследуемых образцах

Таблица 4 – Данные по содержанию водорастворимых витаминов в образце № 1

N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г.
1	5,218	В2 (рибофлавин)	0,883	5,147	5,293	49,22	0,15±0,063
2	5,730	В6 (пиридоксин)	0,228	5,688	5,820	12,11	0,027±0,005
3	5,928	В5 (никотиновая кислота)	0,140	15,745	16,142	15,65	0,030±0,005

Результаты содержания воднорастворимых витаминов в образце № 2, приведены на рисунке 2 и таблице 5.

*Полученные данные:* Приложение № 1 к протоколу № 177 от «09» марта 2023 г. Дата: 27.02.2023 14:12:15. Оператор: polzovatel. Файл ЭФГ: C:\Lumex\Elforun\mdf\AK\_Алма № 2 вит.\_2302271412.mdf. Файл метода: C:\Lumex\Elforun\Программы\Витамины с давлением\_Жанар\_291112.mtk. Температура анализа: 30,0°C. Длина волны: 200. Проба: Алма № 2 вит.

Этап 1. Время 899 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 0 мбар, Длина волны 200 нм.

Этап 2. Время 300 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 50 мбар, Длина волны 200 нм.

Метод расчета: Абсолютная градуировка.

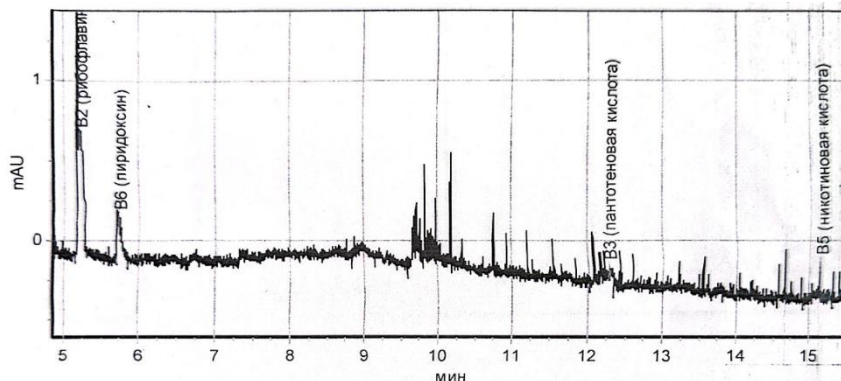


Рисунок 2 – Результаты испытаний по содержанию водорастворимых витаминов в исследуемых образцах

Таблица 5 – Данные по содержанию водорастворимых витаминов в образце № 2

N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г.
1	5,220	B2 (рибофлавин)	0,760	5,155	5,290	42,92	0,13±0,055
2	5,712	B6 (пиридоксин)	0,292	5,692	5,848	13,8	0,031±0,006
3	12,282	B3 (пантотеновая кислота)	0,149	12,027	12,348	19,69	0,15±0,030
4	15,137	B5 (никотиновая кислота)	0,267	14,910	15,307	14,13	0,027±0,005

Аминокислотный состав исследуемых образцов определялся также методом ВЭЖХ на аппарате «Капель». Содержание аминокислот в образце № 1, приведен на рисунке 3 и таблице 5.

*Полученные данные:* Приложения № 2 к протоколу № 176 от «09» марта 2023 г. Дата: 24.02.2023 15:14:45. Оператор: polzovatel. Файл ЭФГ: C:\Lumex\Elforun\mdf\AK\_Алма № 1 вит.\_2302241514.mdf. Файл метода: C:\Lumex\Elforun\Программы\AK\_сх.1 30.10.2015. Температура анализа: 30,0°C. Длина волны: 254. Метод расчета: Абсолютная градуировка. Проба: Алма № 1. Этап 1. Время 959 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 0 мбар, Длина волны 254 нм.

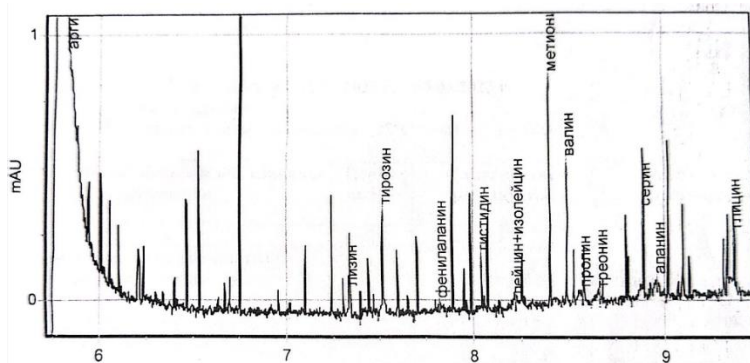


Рисунок 3 – Аминокислотный состав образца № 1

Таблица 6 – Данные по аминокислотному составу образца № 1

N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/л	Масс. Доля аминокислот в %
1	5,777		6,992	5,727	5,872	150,2	0,00	0,00
2	5,832	аргинин	0,902	5,872	5,932	9,166	10,0	0,095±0,038
3	7,338	лизин	0,105	7,290	7,390	2,566	1,20	0,011±0,004
4	7,517	тирозин	0,407	7,492	7,680	4,489	4,60	0,044±0,013
5	7,820	фенилаланин	0,043	7,682	7,858	2,549	2,40	0,023±0,007
6	8,043	гистидин	0,218	7,977	8,120	4,259	4,00	0,038±0,019
7	8,218	лейцин+изолейцин	0,046	8,152	8,360	4,026	1,50	0,014±0,004
8	8,402	метионин	0,864	8,360	8,460	3,722	3,10	0,030±0,010
9	8,490	вали	0,540	8,460	8,523	2,03	1,30	0,012±0,005
10	8,568	пролин	0,045	8,523	8,617	2,53	1,60	0,015±0,004
11	8,665	треонин	0,031	8,617	8,690	1,341	0,87	0,008±0,003
12	8,887	серин	0,331	8,825	8,927	3,115	1,70	0,016±0,004
13	8,957	аланин	0,069	8,927	9,008	1,658	0,70	0,007±0,002
14	9,357	глицин	0,231	9,277	9,395	4,558	1,60	0,015±0,005

Содержание аминокислот образца № 2 – на рисунке 4 и таблице 6.

Полученные данные: Приложения № 2 к протоколу № 177 от «09» марта 2023 г.

Дата: 24.02.2023 15:55:26 Оператор: polzovatel

Файл ЭФГ: C:\Lumex\EIforun\mdf\AK\_Алма №2\_2302241555.mdf

Файл метода: C:\Lumex\EIforun\Программы\AK\_сх.1 30.10.2015

Температура анализа: 30.0 °C

Длина волны: 254

Проба: Алма №2

Этап 1. Время 959 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 0 мбар, Длина волны 254 нм.

Метод расчета: Абсолютная градуировка.

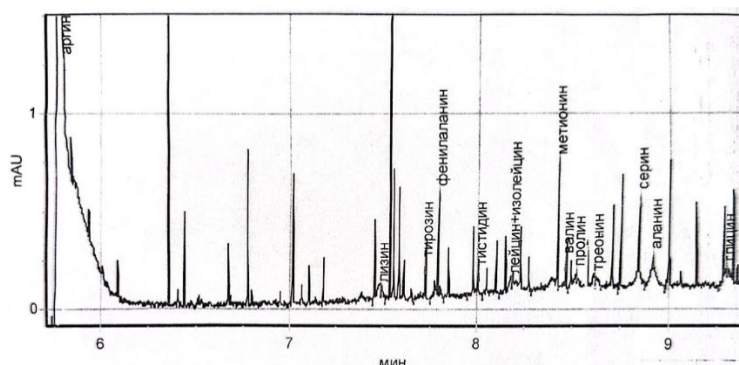


Рисунок 4 – Аминокислотный состав образца № 2

Таблица 7 – Данные по аминокислотному составу образца № 2

N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/л	Масс. Доля аминокислот в %
1	5,777		5,408	5,743	5,825	93,73	0,00	0,00
2	5,795	аргинин	1,260	5,825	5,928	20,25	23,0	0,090±0,084
3	7,488	лизин	0,078	7,447	7,513	3,305	1,60	0,015±0,005
4	7,727	тирозин	0,191	7,665	7,755	1,502	1,60	0,015±0,004
5	7,795	фенилаланин	0,561	7,755	7,825	2,556	2,40	0,022±0,007
6	8,008	гистидин	0,132	7,955	8,030	2,244	2,10	0,019±0,010
7	8,188	лейцин+изолейцин	0,082	8,123	8,293	5,674	2,10	0,019±0,005
8	8,423	метионин	0,669	8,293	8,430	4,179	3,50	0,032±0,011
9	8,470	вали	0,149	8,430	8,482	1,335	0,88	0,008±0,003
10	8,523	пролин	0,081	8,482	8,580	2,491	1,50	0,014±0,004
11	8,620	треонин	0,043	8,580	8,650	1,717	1,10	0,010±0,004
12	8,847	серин	0,482	8,742	8,882	5,857	3,10	0,028±0,007
13	8,922	аланин	0,172	8,882	8,982	3,685	1,60	0,015±0,004
14	9,302	глицин	0,100	9,263	9,397	5,359	1,80	0,016±0,006

*Подготовка бланшированного раствора.* Состав сиропобразного раствора готовился на общий объем 100 мл с последующим пересчетом на 500 мл, в котором, бланшировались нарезанные в виде кружков образцы яблок. Всего 10 образцов раствора. Для каждого образца раствора использовались следующие вещества – сахар, лимонная кислота, аскорбиновая кислота.

Воду для приготовления бланшированного раствора использовали питьевую по ГОСТ 2874.

Время растворения веществ – 5-10 мин.

Температурный режим – 45-50<sup>0</sup>С. В таблице 7 приведен исследуемый состав сиропобразного раствора.

Таблица 8 – Состав сиропобразного раствора

Состав раствора	Образцы сиропа									
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
Сахароза, г	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Аскорбиновая кислота, г	2	1,5	1,5	1,5	1,0	1	1	1	1	0,5
Лимонная кислота, г	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5	1,5
Вода, мл	82,5	78,0	73,0	68,0	63,0	58,0	53,0	48,0	42,5	38,0

В термостойкий стакан наливали требуемый по каждому образцу объем воды, нагревали до установленной температуры, которую контролировали термометром ТТЖ-М исп. 1 П 5 (0+150С)-2-240/66.

После набора требуемой температуры на электронных весах марки WeiHang UNIT взвешивали ингредиенты, входящие в состав сиропа, тщательно перемешивая стеклянной палочкой, рисунок 5.



Рисунок 5 – Подготовка ингредиентов сиропа

После полного растворения, проводилась загрузка нарезанного яблочного сырья. Образцы нарезали в виде кружочков поперек семенного ядра толщиной 1,5-2,0 мм, взвешивали и порциями загружали в сиропобразный раствор. Отбланшированные кружочки яблок выгружались на специальный противень-подложку для стекания бланшированного раствора, рисунок 6. Образцы каждого сорта яблок взвешивались отдельно. В таблице 8, приведена средняя масса яблочных пластин до процесса бланширования и после.

Таблица 9 – Изменение массы яблочных пластин в зависимости от сорта

Сорт яблок	Вес, г, до бланширования	Вес, г, после бланширования
Образец № 1	16,3	16,8
Образец № 2	16,2	16,5

Бланшированный раствор использовался многократно с периодическим добавлением ингредиентов, заложенных в составе рецептуры. Полученные ломтики яблок, насыщенных сиропом, направлялись на сушку в сушильный шкаф марки ШС-80 с конвекционной продувкой при температуре 105-120<sup>0</sup>С до содержания влаги в пределах 10-15%. Время сушки до постоянного веса составила 24-36 часов. В таблице 7 приведены весовые характеристики яблочных пластин, прошедших процесс бланширования высушиваемых в течении 24 часов.



Для сушки были подготовлены образцы каждого сорта яблок отдельно – Образец № 1 – бланшированные яблочные пластины сорта Джонаголд, № 2 – сорта Джерамин.



Рисунок 6 – Бланширование яблочного сырья

Таблица 10 – Изменение массы бланшированных образцов яблочных чипсов в зависимости от времени сушки

Образец	Время сушки, час/вес образца											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
№ 1	16,5	14,8	14,5	14,0	13,7	13,0	9,8	8,6	7,4	5,4	2,8	2,5
№ 2	16,7	16,0	14,2	13,3	12,7	9,5	9,0	8,5	7,3	6,1	2,9	2,8

### Обсуждение научных результатов

Размерные и весовые характеристики, цветовая гамма образцов № 1 и № 2 соответствуют требованиям ГОСТ 34314 и в качестве исходного сырья могут применяться для промышленной переработки в яблочные чипсы. Органолептические характеристики образцов № 1 и № 2, такие как – внешний вид, вкус и запах соответствуют своим помологическим сортам.

Проведенный сравнительный анализ химических показателей, представленный на рисунке 7, показал, что образец №2 по содержанию углеводов, сухих веществ, клетчатки, флаваноидам, пектину, водорастворимым экстрактивным веществам превышает образец № 1 в среднем на 15%.

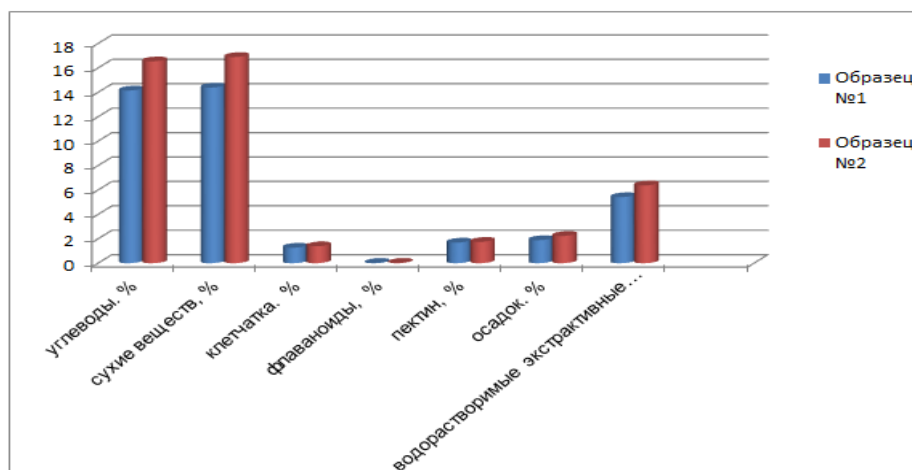


Рисунок 7 – Сравнительный анализ физико-химических показателей образцов

По углеводному составу, представленному на рисунке 8 – сахарозе, мальтозе, фруктозе образец № 2 превышает образец № 1 от 1,5 до 4,5 раз. Однако, в образце № 2 не обнаружено содержание глюкозы, в то время как в образце № 1 содержание глюкозы достигает 8,35 г. на 100 г. исходного сырья.

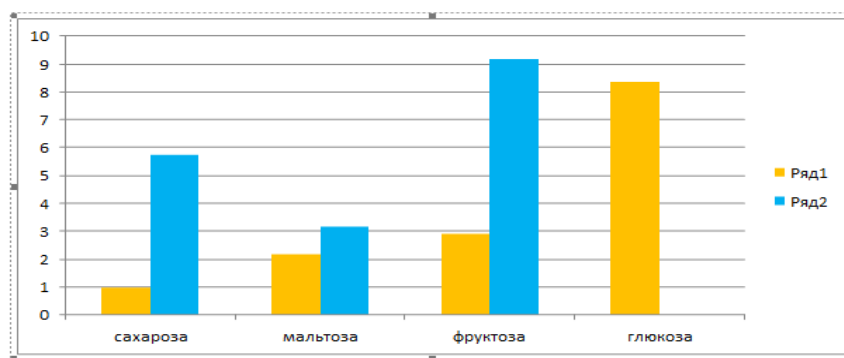


Рисунок 8 – Сопоставительный анализ углеводного состава образцов исходного яблочного сырья

Результаты анализов витаминного состава образцов, представленного на рисунке 9 показали отсутствие витамина А, что объясняется тем, что исследуемые помологические сорта по цветовой гамме содержат более зеленый окрас. В образце № 1 витамина Е в 4,5 раза больше, чем в образце № 2. По содержанию витамина С, образец № 1 на 40% превышает, чем в образце № 2.

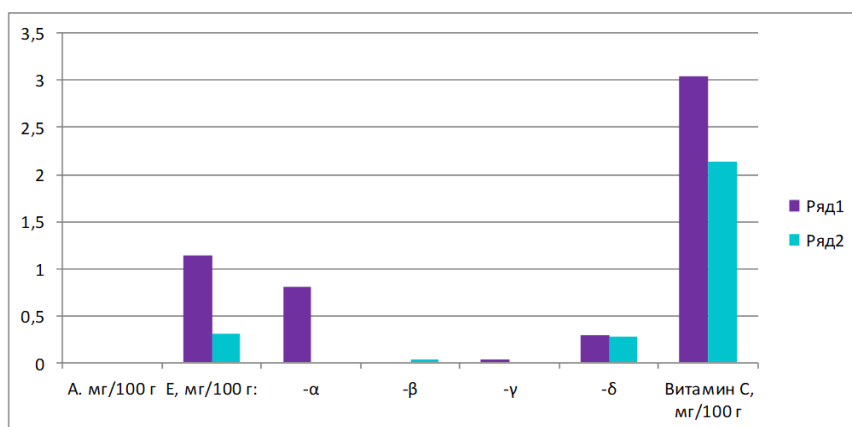


Рисунок 9 – Сопоставительный анализ витаминного состава

Сравнительный анализ содержания водорастворимых витаминов в образцах № 1 и № 2, приведен на рисунке 10, по которому можно сделать следующие выводы: В обоих образцах присутствуют группа витаминов В – витамин В2, В6, В3 и В5. По содержанию перечисленных водорастворимых витаминов группы В в обоих образцах практически одинаковы.

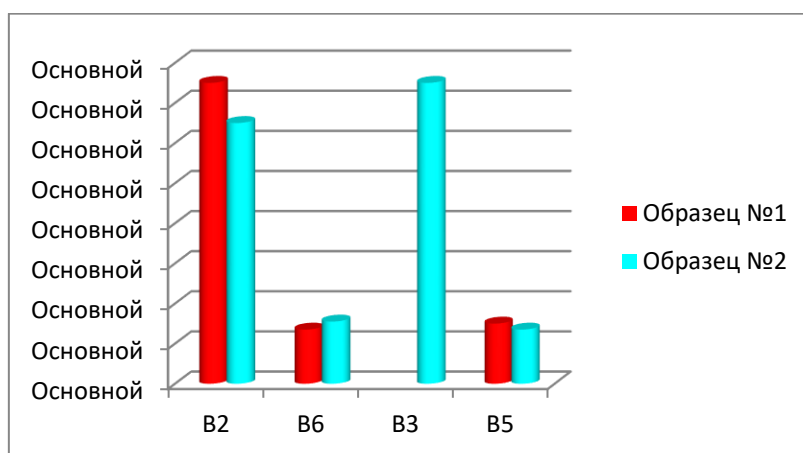


Рисунок 10 – Сравнительный анализ содержания водорастворимых витаминов

Результаты аминокислотного состава, показали наличие большого наименования различных аминокислот, что подтверждает биологическую ценность свежих яблок, как источников таких жизненно важных веществ. Сравнительный анализ аминокислотного состава образцов № 1 и № 2, приведен на рисунке 11.

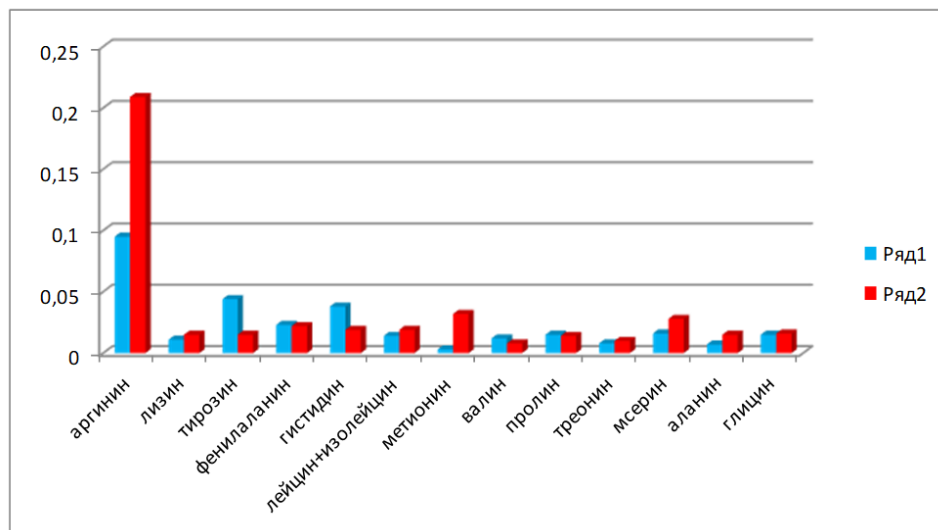


Рисунок 11 – Сравнительный анализ аминокислотного состава образцов

По результатам анализа, можно сделать вывод о наличии 13 видов аминокислот в обоих исследуемых образцах. Однако, имеются различия по их содержанию, так аргинина, тирозина, гистидина, валина, серина и аланина в образце №2 в среднем от 43 до 60% больше, чем в образце № 1. По таким аминокислотам, как лизин, фенилаланин, лейцин+изолейцин, метионин, пролин, треонин и глицин содержание в обоих образцах, практически одинаково.

Проведенные исследования также позволили выбрать наиболее оптимальный состав бланшированного раствора и режимные параметры его подготовки: 30% сахарозы, 1,5% аскорбиновой кислоты, 0,5% лимонной кислоты. Применение аскорбиновой и лимонной кислоты в таком соотношении позволяет предотвратить сильное потемнение яблочных пластин, то есть ухудшение внешнего вида готовых чипсов, сохранить исходный витаминный состав, особенно витамин С, за счет сахарозы, улучшить вкусовую гамму готового продукта и снизить реакции образования меланина. Более сильное потемнение наблюдалось у яблочных пластин, подготовленных из образца № 2, сорт Джерамин.

Также, по результатам проведенных исследований сделан вывод о том, что бланширование яблочных чипсов с использованием конвекционной сушки увеличивает время высушивания продукта до 36-48 часов, однако улучшение вкусовых характеристик нивелирует данный недостаток.

### Заключение

Проведенные исследования позволили впервые изучить аминокислотный и витаминный состав яблок, районированных на территории Туркестанской области, которые показали качественные технологические характеристики при их переработке на яблочные чипсы и могут создать постоянную сырьевую базу для отечественных предприятий перерабатывающей отрасли, планирующих расширять номенклатуру новых и востребованных на рынке современных видов фруктовых продуктов, обладающих свойствами, подходящими для здорового питания всем возрастным категориям населения по наличию в них необходимых микроэлементов и витаминов. Установлено, что помологические сорта Джонаголд и Джерамин содержат водорастворимые витамины группы В и 13 аминокислот. Однако, сорт Джерамин по содержанию углеводов, сухих веществ, клетчатки, флаваноидам, пектину, водорастворимым экстрактивным веществам превышает сорт Джонаголд в среднем на 50%, также, данный сорт и по углеводному составу в среднем на 1,5-4,5 раза выше, чем сорт Джонаголд. По содержанию витамина С, сорт Джонаголд на 40% опережает сорт Джонаголд. Аминокислотный состав обоих сортов одинаков, но и здесь сорт

Джерамин по содержанию аргинина, тирозина, гистидина, валина, серина и аланина превышает сорт Джонаголд от 43 до 60%.

Отличительной особенностью яблочных чипсов от традиционно изготавливаемых сухофруктов является их обработка специальными растворами, которые улучшают, как органолептические характеристики конечного продукта – внешний вид, вкус, запах, и которые являются предпочтительными для потребителей, так и физико-химические с микробиологическими показателями. Обработка специальным раствором позволяет сохранить практически весь витаминный состав свежих яблок, их антиоксидантные свойства, снизить ферментативное окисление (потемнение) конечного продукта в процессе его хранения в течении установленного срока годности продукта. Установлено, что наиболее оптимальным составом бланшированного раствора для обработки исходного яблочного сырья является следующий ингредиентный состав – 30 мас. % сахарозы, 1,5 мас. % аскорбиновой кислоты, 0,5 мас. % лимонной кислоты. Ингредиенты растворяются в воде, качество которой по гигиеническим требованиям должно соответствовать ГОСТ 2874 при нагревании не выше 50 °С. Также, в процессе исследований установлено, что толщина нарезки яблок на пластины должна быть в пределах 1,5-2,5 мм, в этом случае при бланшировании сохраняется форма продукта. Сушка яблочных чипсов позволяет снизить микробную активность, что повышает сроки годности продукта при выполнении установленных требований по хранению. Однако, также установлено, что время сушки бланшированных яблочных чипсов увеличивается до 36-48 часов, в связи с чем необходимы дальнейшие исследования этапа высушивания с использованием сублимационной (вакуумной) сушки.

#### Список литературы

1. Герасименко Н.Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н.Ф. Герасименко // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 4. – С. 52–57.
2. Петыш Я.С. Тренды мирового рынка продуктов питания / Я.С. Петыш // Хлебопродукты. – 2017. – № 9. – С. 64-66.
3. Голубева О.В. Маркетинговое исследование спроса на снековую продукцию потребителями / О.В. Голубева, К.В. Белоусова, Ю.С. Большакова // Инновационная экономика: Перспективы развития и совершенствования. – 2019. – № 2(36). – С. 195-201.
4. Фицурина М.С. Тенденции развития рынка FMGG (снековая продукция) в условиях распространения Covid-19 / М.С. Фицурина, О.А. Кузнецова, А.В. Кузнецов // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 3(116). – С. 590-595.
5. Афонин В.В. Функциональные продукты питания – новое направление пищевых технологий / В.В. Афонин // Наука и инновации. – 2009. – № 6. – С. 50-52.
6. Акимов, М.Ю. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами / М.Ю. Акимов // Достижения науки и техники. – 2019. – № 2. – Т. 33. – С. 56-60.
7. Нилова Л.П. Диверсификация ассортимента снековой продукции / Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова // Международный научный журнал. – 2018. – № 1. – С. 38-44.
8. Причко Т.Г. Моделирование рецептурных композиций функциональных продуктов питания из плодово-ягодного сырья / Т.Г. Причко, Н.В. Дрофичева // Пищевая промышленность. – 2015. – № 7. – С. 18-20.
9. Разработка технологии фруктово-злаковых снеков функционального назначения / И.В. Суруханова и др. // Известия Вузов. Пищевая технология. – 2014. – № 3. – С. 32-34.
10. Сегментация рынка снековой продукции Республики Казахстан / Ю.А. Синявский и др. // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2021. – vol. 11-3(62). – С.240-245.
11. Технологическая оценка пригодности яблок, выращиваемых в фермерских хозяйствах Туркестанской области для их переработки в яблочные чипсы / М.Б. Кенжеханова и др. // Доклады Национальной Академии Наук Республики Казахстан. – Алматы, 2021. – № 5. – С. 22-30.

12. Минеральный состав и показатели безопасности яблок различных сортов, выращиваемых в Южном Казахстане / М.Б. Кенжеханова и др. // Научно-технический журнал «Известия вузов. Пищевая технология». – Краснодар, 2021. – № 5-6. – С.12-14.
13. Атякшин Д.А. Гистохимия ферментов: учеб. для вузов / Д.А. Атякшин, И.Б. Бухвалов, М. Тиманн. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. – 120 с.
14. Никитенко А.Н. Изменение активности полифенолоксидазы, аскор-бинатоксидазы и пероксидазы в процессе хранения яблок / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Труды БГТУ. – № 4(142), Химия, технология органических веществ и биотехнология. – Минск, 2011. – С. 216-219.
15. Ivanova A.V. Potentiometric study of antioxidant activity: development and prospects / A.V. Ivanova E.L. Gerasimova, Kh.Z. Brainina // Crit Rev Anal Chem. – 2015. – № 45(4). – P. 311-322. doi: 10.1080/10408347.2014.910443.
16. Contact hybrid potentiometric method for on-site and in situ estimation of the antioxidant activity of fruits and vegetables / K. Brainina et al // Food Chemistry. – 2020, Mar 30. – № 309. – P. 125703. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125703. Epub 2019 Oct 21
17. Причко Т.Г. Методы определения оптимальных сроков уборки урожая и прогноза лежкости яблок при закладке на длительное хранение / Т.Г. Причко // Завершенные научные разработки и научно-техническая продукция СКЗНИИСиВ. – Краснодар, 2001. – С. 23-28.
18. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables / C. Kevers et al // J Agric Food Chem. – 2007, Oct 17. – № 55(21). – P. 596-603. doi: 10.1021/jf071736j. Epub 2007 Sep 20. PMID: 17880151
19. Пат. 10964 Республика Беларусь, МПК А23L 1/212, А 23В 7/005. Способ производства пищевого продукта из яблок / Арнаут С.А., Ловкис З.В.; заявитель и патентообладатель Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию. – № а20060519; заявл. 26.05.2006; опубл. 30.12.2007.
20. Пат. 13172 Республика Беларусь, МПК А 23L 1/212, А 23В 7/005, А 23В 7/06. Способ производства яблочных чипсов / Никитенко А.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Учр. образ. «Белорусский государственный технологический университет». – (BY) № а 20090159; заявл. 02.05.2009; опубл.30,04.2010.
21. Никитенко А.Н. Обоснование режима бланширования яблочных пластин при производстве чипсов / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2013. – № 4. – С. 105-110.
22. Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety / P.W.Y. Sham et al // Food Engineering and Physical Properties. – 2001. – Vol. 66, № 9. – P. 1341-1347.
23. Бессонов В.В. Трансизомеры жирных кислот: риски для здоровья и пути снижения потребления / В.В. Бессонов, Л.В. Зайцева // Вопросы питания. – Том. 85, № 3. – 2016. – С.6-17.

## References

1. Gerasimenko N.F. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni / N.F. Gerasimenko // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. – 2016. – № 4. – S. 52–57. (In Russian).
2. Petysh YA.S. Trendy mirovogo rynka produktov pitaniya / YA.S. Petysh // Khlebobrodukty. – 2017. – № 9. – S. 64-66. (In Russian).
3. Golubeva O.V. Marketingovoe issledovanie sprosa na snekovuyu produktsiyu potrebitelyami / O.V. Golubeva, K.V. Belousova, YU.S. Bol'shakova // Innovatsionnaya ehkonomika: Perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. – 2019. – № 2(36). – S. 195-201. (In Russian).
4. Fitsurina M.S. Tendentsii razvitiya rynka FMGG (snekovaya produktsiya) v usloviyakh rasprostraneniya Covid-19 / M.S. Fitsurina, O.A. Kuznetsova, A.V. Kuznetsov // Ehkonomika i predprinimatel'stvo. – 2020. – № 3(116). – S. 590-595. (In Russian).
5. Afonin V.V. Funktsional'nye produkty pitaniya – novoe napravlenie pishchevykh tekhnologii / V.V. Afonin // Nauka i innovatsii. – 2009. – № 6. – S. 50-52. (In Russian).
6. Akimov, M.YU. Rol' plodov i yagod v obespechenii cheloveka zhiznenno vazhnymi biologicheskimi aktivnymi veshchestvami / M.YU. Akimov // Dostizheniya nauki i tekhniki. – 2019. – № 2. – T. 33. – S. 56-60. (In Russian).

7. Nilova L.P. Diversifikatsiya assortimenta snekovoï produktsii / L.P. Nilova, S.M. Malyutenkova // *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*. – 2018. – № 1. – S. 38-44. (In Russian).
8. Prichko T.G. Modelirovanie retsepturnykh kompozitsii funktsional'nykh produktov pitaniya iz plodovo-yagodnogo syr'ya / T.G. Prichko, N.V. Droficheva // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2015. – № 7. – S. 18-20. (In Russian).
9. Razrabotka tekhnologii fruktovo-zlakovykh snekov funktsional'nogo naznacheniya / I.V. Surukhanova i dr. // *Izvestiya Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2014. – № 3. – S. 32-34. (In Russian).
10. Segmentatsiya rynka snekovoï produktsii Respubliki Kazakhstan / YU.A. Sinyavskii i dr. // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. – 2021. – vol. 11-3(62). – S.240-245. (In Russian).
11. Tekhnologicheskaya otsenka prigodnosti yablok, vyrashchivaemykh v fermerskikh khozyaistvakh Turkestanskoi oblasti dlya ikh pererabotki v yablochnye chipsy / M.B. Kenzhekhanova i dr. // *Doklady Natsional'noi Akademii Nauk Respubliki Kazakhstan*. – Almaty, 2021. – № 5. – S. 22-30. (In Russian).
12. Mineral'nyi sostav i pokazateli bezopasnosti yablok razlichnykh sortov, vyrashchivaemykh v Yuzhnom Kazakhstane / M.B. Kenzhekhanova i dr. // *Nauchno-tekhnicheskii zhurnal «Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya»*. – Krasnodar, 2021. – № 5-6. – S.12-14. (In Russian).
13. Atyakshin D.A. Gistokhimiya fermentov: ucheb. dlya vuzov / D.A. Atyakshin, I.B. Bukhvalov, M. Timann. – Voronezh: IPTS «Nauchnaya kniga», 2016. – 120 s. (In Russian).
14. Nikitenko A.N. Izmenenie aktivnosti polifenoloksidazy, askor-binatoksidazy i peroksidazy v protsesse khraneniya yablok / A.N. Nikitenko, Z.E. Egorova // *Trudy BGTU*. – № 4(142), Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya. – Minsk, 2011. – S. 216-219. (In Russian).
15. Ivanova A.V. Potentiometric study of antioxidant activity: development and prospects / A.V. Ivanova E.L. Gerasimova, Kh.Z. Brainina // *Crit Rev Anal Chem*. – 2015. – № 45(4). R. 311-322. doi: 10.1080/10408347.2014.910443. (In Russian).
16. Contact hybrid potentiometric method for on-site and in situ estimation of the antioxidant activity of fruits and vegetables / K. Brainina et al // *Food Chemistry*. – 2020, Mar 30. – № 309. – R. 125703. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125703. (In Russian).
17. Prichko T.G. Metody opredeleniya optimal'nykh srokov uborki urozhaya i prognoza lezhkosti yablok pri zakladke na dlitel'noe khranenie / T.G. Prichko // *Zavershennyye nauchnye razrabotki i nauchno-tekhnicheskaya produktsiya SKZNIISIV*. – Krasnodar, 2001. – C. 23-28. (In Russian).
18. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables / C. Kevers et al // *J Agric Food Chem*. – 2007, Oct 17. – № 55(21). R. 596-603. doi: 10.1021/jf071736j. (In English).
19. Pat. 10964 Respublika Belarus', MPK A23L 1/212, A 23B 7/005. Sposob proizvodstva pishchevogo produkta iz yablok / Arnaut S.A., Lovkis Z.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Nauch.-prakt. tsentr Nats. akad. nauk Belarusi po prodovol'stviyu. – № a20060519; zayavl. 26.05.2006; opubl. 30.12.2007. (In Russian).
20. Pat. 13172 Respublika Belarus', MPK A 23L 1/212, A 23B 7/005, A 23B 7/06. Sposob proizvodstva yablochnykh chipsov / Nikitenko A.N. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' Uchr. obraz. «Belorusskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet». – (BY) № a 20090159; zayavl. 02.05.2009; opubl.30.04.2010. (In Russian).
21. Nikitenko A.N. Obosnovanie rezhima blansirovaniya yablochnykh plastin pri proizvodstve chipsov / A.N. Nikitenko, Z.E. Egorova // *Ves. Nats. akad. navuk Belarusi. Ser. agrar. navuk*. – 2013. – № 4. – S. 105-110. (In Russian).
22. Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety / P.W.Y. Sham et al // *Food Engineering and Physical Properties*. – 2001. – Vol. 66, № 9. – P. 1341-1347. (In English).
23. Bessonov V.V. Transizomery zhirnykh kislot: riski dlya zdorov'ya i puti snizheniya potrebleniya / V.V. Bessonov, L.V. Zaitseva // *Voprosy pitaniya*. – Tom. 85, № 3. – 2016. – S.6-17. (In Russian).

**М.Б. Кенжеханова\***, **Л.А. Мамаева<sup>1</sup>**, **С.С. Ветохин<sup>2</sup>**, **А.К. Тулекбаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,  
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы, 8

<sup>2</sup>Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті,  
220006, Беларусь Республикасы, Минск қ., Свердлов көш., 13а

<sup>3</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке-хан даңғылы, 5

\*e-mail: mikosha.ken@mail.ru

## **ДӘМДІК ҚАСИЕТІН ЖӘНЕ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЖАҚСARTУ ҮШІН АЛМА ЧИПСТЕРІН ДАЙЫНДАУДАҒЫ БҰЛАҒЫШ ЕРІТІНДІНІ ҚҰРАМЫ**

Еуразиялық экономикалық одақ елдерінің азық-түлік нарығында диетологтар жиі тұтынуға ұсынылмайтын өнімдер, мысалы, картоп чиптерін алмастыра алатын, тұтынушылардың барлық дерлік жас санаттарында, әсіресе өскекең ұрпақ арасында жоғары биологиялық құндылығымен де, алмастыру мүмкіндігімен де тез танымал бола бастаған жеміс-жидек тағамдары пайда бола бастады. Алыс шет елдерде алма чипсы ең танымал, ал біздің жақын көршілеріміз ресейлік және беларусь өндірушілері бұл тауашаны белсенді түрде игеріп, алма чиптерін қазақстандық нарыққа жеткізе бастады. Оңтүстік өңірлердің шикізат базасы қазірдің өзінде өнеркәсіптік ауқымда алманың әртүрлі сорттарын қамтамасыз ете алатындығын ескере отырып, өзіндік өндірістерді құру қажеттілігі отандық ғалымдардың алдында өзекті міндет болып табылады. Алма чипсы дәстүрлі кептірілген жемістерден органолептикалық қасиеттерімен ерекшеленеді – дәмі қанық, пластиналардың пішіні мен қытырлақ қыртысын сақталынып, витаминдермен микроэлементтер жаңа алманың құрамына келеді. Өзірленіп жатқан технологияның бір ерекшелігі - алма тілімдерін бұлайтын арнайы шәрбат тәрізді ерітіндіні пайдалану болып табылады, бұл соңғы өнімнің сыртқы түрін жақсартуға ғана емес, сонымен қатар шикізатта болатын биологиялық заттарды – витаминдерді, аминқышқылдарын және микроэлементтерді барынша сақтауға мүмкіндік береді. Зерттеу нысаны ретінде Түркістан облысының өнеркәсіптік ауқымда өсірілетін, биометриялық көрсеткіштері өнеркәсіптік өңдеуге арналған шикізат стандарттарына сәйкес келетін алманың помологиялық сорттары таңдалды. Зертханалық жағдайларда бұлағыш ерітіндінің оңтайлы құрамы, ерітіндідегі алма пластиналарын кесу және өңдеу және оларды кептіру үшін жұмыс параметрлері таңдалды. Алғаш рет 13 түрлі амин қышқылдары мен В дәрумендерін қамтитын Джонагольд және Жерамин помологиялық алма сорттарының аминқышқылдары мен витаминдік құрамы орнатылды. Негізгі С витаминінің, сонымен қатар көмірсулардың құрамы бойынша құрғақ зат, талшық, флавоноидтар, пектин және суда еритін экстрактивті заттар, Джонагольд сорты орта есеппен 50%-дан асады. Бұлағыш ерітіндінің ең оңтайлы құрамы келесі ингредиентті құрамы болып табылатындығы орнатылды – 30 масс. % қантты, 1,5 масса % аскорбин қышқылы, 0,5 масса % лимон қышқылы. Ерітіндіні дайындаудың режимдік параметрлері  $t = 45-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , еріту уақыты 5-10 минут. Кәдімгі кептіруді пайдаланған кезде шәрбатпен қаныққан алма чиптерінің кептіру уақыты 36-48 сағатқа дейін өсетіні анықталды.

**Түйін сөздер:** алма шикізаты; помологиялық сорт; алма чипсы; амин қышқылы және витаминдік құрамы; шәрбат тәрізді ерітіндісі; бұлау; режимдік параметрлері.

**M.B. Kenzhekhanova<sup>1\*</sup>, L.A. Mamaeva<sup>1</sup>, S.S. Vetokhin<sup>2</sup>, A.K. Tulekbaeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh National Agrarian Research University,  
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty, Abay Avenue, 8

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University,  
220006, Republic of Belarus, Minsk, st. Sverdlov, 13a

<sup>3</sup>M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5

\*e-mail: mikosha.ken@mail.ru

## **THE COMPOSITION OF THE BLANCHED SOLUTION IN THE MANUFACTURE OF APPLE CHIPS TO IMPROVE THE TASTE AND NUTRITIONAL VALUE**

*Fruit snacks have begun to appear on the food market of the countries of the Eurasian Economic Union, which are quickly gaining popularity among almost all age categories of consumers, especially the younger generation, both in terms of their high biological value and the ability to replace products that are not recommended by nutritionists for frequent consumption, for example potato chips. In non-CIS countries, apple chips are the most popular, and our closest neighbors – russian and belarusian manufacturers began to*

actively occupy this niche, supplying apple chips to the Kazakh market. This poses an urgent task for domestic scientists to establish their own production, since the raw material base of the southern regions can provide various varieties of apples on an industrial scale. Apple chips differ from traditional dried fruits in their organoleptic characteristics – the taste is richer, the shape of the plates and crispy crust are preserved, and the content of vitamins and microelements is close to the composition of fresh apples. One of the features of the technology being developed is the use of a special syrup-like solution in which apple slices are blanched, which allows not only to improve the appearance of the final product, but also to maximize the preservation of biological substances - vitamins, amino acids and microelements that are present in the original raw material. Pomological varieties of apples grown in the Turkestan region, whose biometric characteristics meet the standards for raw materials, were selected as research objects. In laboratory conditions, the optimal composition of the blanched solution, the operating parameters for cutting and processing apple slices in the solution and their drying were selected. For the first time, the amino acid and vitamin composition of the Jonagold and Jeramin varieties has been established, in which 13 types of amino acids and B vitamins are present. In terms of the content of basic vitamin C, as well as carbohydrates, dry matter, fiber, flavonoids, pectin, and water-soluble extractive substances, the Jonagold variety exceeds the average by 50%. It has been established that the most optimal composition of the blanched solution is the following ingredient composition – 30 wt. % sucrose, 1,5 wt.% ascorbic acid, 0,5 wt.% citric acid. Regime parameters for preparing the solution are  $t = 45-500\text{ C}$ , dissolution time 5-10 minutes. It has been established that the drying time of apple chip slices saturated with syrup when using conventional drying increases to 36-48 hours.

**Key words:** apple raw materials; pomological grade; apple chips; amino acid and vitamin composition; syrupy solution; blanching; regime parameters.

Сведения об авторах

**Мереке Батырхановна Кенжеханова\*** – докторант кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», Казахский национальный аграрный исследовательский университет г. Алматы, Казахстан; e-mail: mikosha.ken@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4156-1413>.

**Лаура Асылбековна Мамаева** – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов» Казахский национальный аграрный исследовательский университет г. Алматы, Казахстан. ORCID: <http://orcid.org/57195434850>.

**Сергей Сергеевич Ветохин** – кандидат физико-математических наук, профессор Белорусский государственный технологический университет г. Минск, Республика Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

**Айжамал Конысбаевна Тулекбаева** – кандидат технических наук, доцент Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова г. Шымкент, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Мереке Батырхановна Кенжеханова\*** – Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Технология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты, Алматы, Қазақстан; e-mail: mikosha.ken@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4156-1413>.

**Лаура Асылбекқызы Мамаева** – биология ғылымдарының кандидаты, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің технология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі кафедрасының доценті Алматы, Қазақстан. ORCID: <http://orcid.org/57195434850>.

**Сергей Сергеевич Ветохин** – физика-математика ғылымдарының кандидаты, Беларусь мемлекеттік технологиялық университетінің профессоры Минск, Беларусь Республикасы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Айжамал Қонысбайқызы Тулекбаева – техника ғылымдарының кандидаты, доцент. М. Әуезова Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

#### Information about the authors

**Mereke Batyrkhanovna Kenzhekhanova\*** – Doctoral student of the Department of Technology and Food Safety, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: mikosha.ken@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4156-1413>.

**Laura Asylbekovna Mamaeva** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Food Safety, Kazakh National Agrarian Research University Almaty, Kazakhstan. ORCID: <http://orcid.org/57195434850>.

**Sergey Sergeevich Vetokhin** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor Belarusian State Technological University Minsk, Republic of Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.



Поступила в редакцию 08.04.2024  
Поступила после доработки 26.05.2024  
Принята к публикации 27.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-26



МРНТИ: 65.59.17

**Ж.С. Байзакова<sup>1</sup>, Е.М. Мажиев<sup>2\*</sup>, Ж.С. Чингенжинова<sup>3</sup>, Э.М. Мажиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті,  
050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ, аль-Фараби, 89/21

<sup>2</sup>Халықаралық білім беру корпорациясы,  
050043, Қазақстан Республикасы, Алматы қ, Рысқұлбеков, 28

<sup>3</sup>Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,  
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ, Абай, 8

\*e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru

## ШАҒЫН ӨНДІРІС ОРЫНДАРЫНДА САПАЛЫ ЕТ ӨНІМДЕРІН АЛУ ЖОЛДАРЫ

**Аңдатпа:** Бұл ғылыми мақалада ет өнімдері түрлерінің сапасын жоғарылату үшін мал сою технологиясы мен ондағы жұмыс процесін атқаратын қондырғыларға (оның ішінде есеңгірету боксы) шолу жасау арқылы халықты сапалы ет өнімдері түрлерімен қамтамасыз ету. Осы мақсатта малды тасымалдау кезінде малдың жарақаттанбауын қадағалау, малдарды көліктерге тиеу және түсіру, тасу жылдамдығы қарастырылған. Мал сою технологиясы бойынша қабылданған ірі қара малды союға әзірлеу, сою және ұшасын өңдеу технологиясының өндірістік қуаты, техникалық деңгейі және талаптары қарастырылған.

Агрөнеркәсіптік кешендегі ет өндіру саласы халықты сапалы азықпен қамтамасыз ету үшін малды шаруашылықтардан қабылдау кезінде бастапқы шарттар – малдың ауру-сырқаудан амандығы, яғни ветеринарлық-санитарлық тексеруден дұрыс өткізілгендігі жөнінен құжаттардың болуы және қонды малды қабылдау. Қабылданған малдарды союға дайындау, сою және ұшаны алғашқы өңдеуден өткізу кезіндегі барлық орындалатын жұмыстардың технологиялық әдіс бойынша атқарылуын қадағалау және осы технологиялық операцияларды орындайтын қондырғылар мен жабдықтардың жұмысын жақсарту. Сапалы ет және ет өнімдерін алу мақсатында малды қабылдағаннан кейінгі союға әзірлеу, сою, ұшаны алғаш өңдеу, қосымша өнімдерін өңдеу және еттен алынатын өнімдер үшін тиісті технологиялық әдістерді дұрыс қолдану арқылы, технологиялық әдістер бойынша жасалынатын жұмыстарды атқаратын қондырғылар, машиналар мен аппараттардың жұмысына көп көңіл бөлу керек.

**Түйін сөздер:** сапалы ет өнімдерімен қамтамасыз ету технологиясы, есеңгірету боксы.

### Кіріспе

Ауыл шаруашылығы өндірісін жоғары рентабелді технологияларға ауыстыру – аграрлық саланың басты стратегиясы болып саналады. Еліміздегі азық-түлік тауарларының бағасының өсуіне дүниежүзінде қалыптасқан жағдайдан басқа да ішкі факторлардың әсері елеулі болып отыр. Малдарды бордақылу үшін арнайы алаңдар салу, және оны қаржыландыру тек ірі шаруа қожалықтары ғана жүзеге асыра алатын тірлік. Мұндай шаруашылықтарда еліміздегі мал басының 85 пайызына жуығы ұсталады. Қазақстаннан экспортқа шығарылатын мал басының басым бөлігін негізінен тек ірі шаруа қожалықтары қамтамасыз етеді. Сондықтан мал басының аздығымен қатар, өнімнің сапасы да өз алдына бөлек тақырып [1].

Оның ішінде Қазақстан халқы ет және еттен алынатын өнім түрлерін тұтыну көлемі жағынан өзге ТМД елдеріне қарағанда анағұрлым жоғарыда тұрғанымен де, дамыған елдердегі адам басына жылына келетін 87 кг. етке қарағанда пайдалануы төмен келеді

(орташа жан басына шаққанда 44 кг.) [2]. Мұндағы бастапқы себеп әлсіз зоотехникалық жұмыстар әсерінен ет шығымдылығының азаюы. Өйткені соңғы 20 жылда малдың тірі дене салмағымен шаққанда 380-400 кг-нан аспайтыны және сою кезіндегі таза ұшаның (тушка) салмағы бойынша шығымдылығы 200 кг-ға дейін ғана (46-48 %) келетіні анықталған [3].

Сонымен қоса елді мекендердегі мал сою, мал ұшасы мен қосымша өнімдерін өңдеу технологиясы бойынша өндірушілердің көбісінің арнаулы білімі жоқ, немесе олардың кәсіби біліктілігі шаруашылық саласының тек белгілі бір тармағына ғана бағытталатындығы, кейбір мал сою орындарындағы ветеринарлық-санитарлық талаптардың орындалмайтыны. Ет және ет өнімдерін дайындауда қауіпсіздіктің дәстүрлі бақылау НААССР жүйесіне (Hazard Analysis and Critical Control Points – ең үлкен қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесі) сай келмеуі де кездеседі [4].

Сол себепті дүкен сөрелерінде сатылатын еттен алынатын кейбір өнім түрлерінің дәмсіздігі мен сапасының төмендігі салдарынан (оның ішінде әсіресе шұжық өнімдері) халықтың ет өніміне деген қызығушылығын азайтуы өзекті мәселеге айналып отыр.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Ет өнімдері түрлерінің сапасын жоғарылату мақсатында мал сою технологиясы мен ондағы жұмыс процесін атқаратын қондырғыларына (оның ішінде есеңгірету боксы) шолу жасау арқылы халықты сапалы ет өнімдері түрлерімен қамтамасыз етуге септігін тигізу.

Жоғарыда келтірілген мал сою технологиясы мен ондағы жұмыс процесін атқаратын қондырғылар жұмысын дұрыс пайдалану, ет өнімдері түрлерінің сапасын жоғарылатуға септігін тигізетінін көрсетеді. Мұнда заманауи технология мен техникалық құрал-жабдықтар өнім сапасын және өндіретін кәсіпорындар жұмысын жоғары деңгейге қойып, оның тиімділігі мен пайдасын өсіруі тиіс. Жалпы сойысқа дайындаған малдарды қабылдау (бордақылған немесе кейде жарақат алған малдар), нақты тірідей салмағы бойынша және малдәрігерлік тексеру мен малдәрігерлік-санитарлық сарап жасаудың тәртібіне сәйкес қабылдануы қажет. Ондай малдарды шаруа қожалықтарынан өндіріс орындарына тасымалдап жеткізу күрделі, әрі жауапты жұмыс. Көлікпен тасу кезінде мал өзінің қоңдылығын жоғалтпауы тиіс, тасымалдау кезінде орын алатын аурулардың алдын-алу, малдың жарақат алмауын қадағалау, малды тасып жеткізуге алдын-ала дайындау, тасымалдауға арналған көліктің түрі, сапасы, малдарды көліктерге тиеу және түсіру, тасып жеткізу жылдамдығы және жол жағдайымен байланысты жұмыстар қамтылады [5, 6].

Түрлі маркадағы арнайы автокөліктерді сынап көрудің нәтижесінде, Бүкілодақтық ет өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты тасымалданатын малдың әрбір 100 кг тірі салмағына шаққанда орта есеппен 0,4 шаршы метр алаң қарастырылуы керектігін ұсынады. Тасымалдау жылдамдығы орта есеппен 31 км/сағат. Жол жағдайына, ауа райына және тағы басқа жағдайларға байланысты тасымалдау жылдамдығы 16-55 км/сағат аралығында ауытқуы мүмкін. 100 шақырымға дейінгі қашықтыққа малды тасу кезінде оның тірі салмағының кемуі малды тиер алдындағы тірі салмағының 3 пайызынан аспауы керек. Темір жол көлігімен тасу кезінде малдың тірі салмағы мен қоңдылығы сақталуы үшін оларды жөнелтуге 8-10 күн қалғанда тасымалдау режиміне қойылады. Бұл кезеңде мұндай малға жол үстіндегі жағдай жасалады, яғни олардың азықтандыру рационына жолда берілетін азықтар енгізіледі. Малға тәулігіне 2-3 рет азық беріледі және суарады [6].

Ет өндіру орындарында қабылданған ірі қара малды союға әзірлеу үшін алғашында сұрыпталынып тексеруден өткізілгеннен кейін таразыға тартылып, жасына, жынысына байланысты арнайы тынықтыру алаңдарына орналастырылады. Тынығу кезінде азық беру мерзімі тоқтатылып, тек суарылады (суару 2 сағат қалғанда тоқтатылады). Ірі қараны тынықтыру мерзімі – 24 сағат, бұзаулар – 6 сағатқа дейін [5, 8].

Одан әрі қарай малды союдың технологиялық әдістерінде келесі жұмыстар жүргізіледі: ветеринарлық-санитарлық бақылаудан өткен ірі қара мал есеңгіретіледі де, содан соң қанды ағызу процесі, терісі сыпырылады, ішкі органдарынан ажырату, мал ұшасын құрғақ және ылғалды тазалау, ұшаны төрт бөлікке бөлу, ветеринарлық сараптамадан өткізу, таңбалау, ұшаны жетілдіру камераларында ұстау мен тоңазытқышқа қарай жөнелту. Ет және ет өнімдерінің санитарлық жай-күйі – ұшаның бактериялық ластану дәрежесімен анықталынады. Яғни, ластану дәрежесі неғұрлым төмен болса, соғұрлым жоғары сапалы ет өнімдері

өндiрiледi. Қызмет жасап жүрген жұмыскерлер өздерiне де тазалық бақылауларын өне бойына жүргiзiп отырады және денi сау жұмысшы ғана қызмет жасай алады. Сою кезiндегi операциялардың барлығы технология бойынша орындалатын және тазалық шарттары қадағаланатын болса, одан алынатын өнiмдер де сапалы болып келедi .

### Зерттеу нәтижелерi және талдау

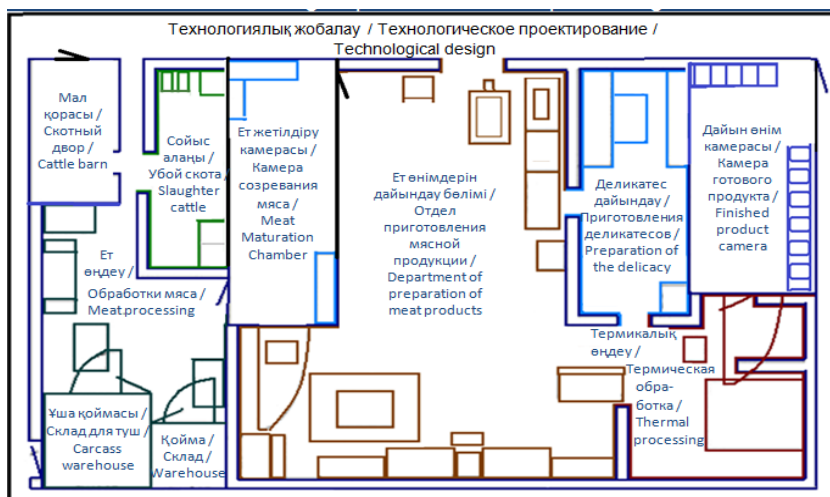
Ендi елiмiзде мал сою және ет өнiмдерiн өңдеу орындарының өндiрiстiк қуаты мен техникалық деңгейi әртүрлi кәсiпорындар үшiн қойылатын негiзгi талаптарға тоқталамыз. Ол талаптың бiрi – техникалық жабдықталу деңгейi жоғары, өңдеудiң арнайы технологиясының қадағалануы және кәсiби жұмысшылар мен қызметкерлердiң бiлiктi маман болуы және олардың жұмыс iстейтiн өндiрiс орындарының талапқа сай келуi.

Ет комбинаттарының қандай түрi болмасын, олар *негiзгi* және *қосымша өндiрiстiк* орындардан тұрады (1 сурет). Негiзгi өндiрiс орындарына малды сою алдындағы тынықтыру базасы, сойыс алаңы, ет-май өндiру орындары, мұздатқыштар, еттi қайта өңдеу өндiрiстiк орындары, консервi дайындау және т.б. орындар.

Мал мен құсты сою алдындағы тынықтыру базасында қабылдау және уақытша тынықтыру жұмыстары атқарылады. База құрамы:

- төбесi жабық, мал температурасын анықтайтын құрылғымен және санитарлық тексерумен жарақтанған мал кiргiзу орны бар автокөлік және теміржол платформалары;
- техниканы, құрал-саймандар мен қондырғыларды санитарлық өңдеуден өткiзу орны.

Қоршаған ортаны қорғау саласы мақсатында көң, бензин, майұстағыш тазалау құрылғыларымен, құмұстағыш, лайтұндырғы және пайдаланған суды дезинфекциялау-тазалау ерiтiндiлерiмен жабдықталған орындар, материалдар мен құрал-саймандарға арналған қойма, қызметкерлер үшiн жуынып-шайынатын бөлме және карантиндi оқшаулағыш, санитарлы сойыс алаңы.



Сурет1 – Шағын өндiрiс орындарында сапалы ет өнiмдерiн өңдеу орындарының технологиялық жобасы

Ол алаң сойысқа дайындалған, ауырғаны күмәндi және ауру малдарға арналған уақытша мал ұстау қорасы, мал сою және ұшаны өңдеу алаңы, малдың қосымша өнiмдерi мен қосалқы өнiмдерiн өңдеу және терiнi дезинфекция жасау мен еттi стерильдеу орындары. Дайын шикiзат түрлерiн уақытша сақтау мақсатындағы салқындату және мұздату камералары. Ет-май өңдеу өндiрiс орындары келесi цехтардан құралады: мал сою және ұшаны өңдеу, азықтық қандарды өңдеу, малдың қосымша және қосалқы өнiмдерiн өңдеу орындары және малазықтық қоймалар, малға азық әзiрлеу және даярлау алаңдары. Ет өнiмдерi (шұжық, консервi т.б.) түрлерiн өңдеу орындары және консервiге арналған ыдыстарды өндiру цехы бар жасақталған кәсiпорын.

Қосымша өндiрiс орындарына жататындар: қосымша өнiмдердi шығару цехы (қондырғылар мен жабдықтарды жөндеу орындары және сақтау қоймалары), жылу-энергетикалық шаруашылық, санитарлық-техникалық ғимарат, әкiмшiлiк-тұрмыстық жай, инженерлiк байланыс орны мен тасымал-көлік орындары.

Ет өндіру жабдықтары мынадай топтарға бөлінеді: көтеру-тасымалдау жабдықтары, аспалы жолдар мен конвейерлер және оларға қызмет көрсету жабдықтары. Мұнда аспалы жолдар технологиялық ағынның топтасу тәсілі болып табылады. Ол өнімді есептеу процесіндегі өнімнің берілісіне және ауыр жүктерді цехаралық тасымалдауға негізделген.

Ал мал сою жабдықтарына жататындар: малды есеңгірету, тері сыпыру, іш құрылысы өнімдерін өңдеуге арналған жабдықтар.

Құрылыс алаңдарын максималды индустриализациялау үшін бірыңғайлау мақсатындағы құрылыс материалдарының өлшемдерін пайдаланады: бір қабатты ғимараттар үшін 60x24, 60x48, 60x144, 72x24, 72x48, 72x72, 72x144 м, колонна торлары 6x6, 6x12, 12x18 м, ғимарат ені 72 и 144 м; ғимарат биіктігі (еденнен бастап төбедегі трекке дейін) ғимарат ені 24 м – 4,8 м, қалған кезде – 4,8; 5,4; 6; 7,2 м [5, 22].

Мал сою және ұшаны өңдеу цехының қуаты – қондырғылар мен шығаратын өнім түрлеріне қарай алынады. Жабдықтар негізінен өңдеу технологиялық желісінің паспорттағы өнімділігіне қарай алынады. Үзіліссіз әрекеттегі үлкен кәсіпорындар үшін қажетті қондырғыларды анықтау [9]:

$$N = \frac{A}{QT}, \quad (1)$$

Үзілісті әрекеттегі жұмыс жасайтын қондырғылар үшін:

$$N = \frac{A}{Q_1 K}, \quad (2)$$

мұнда  $N$  – қондырғылардың саны;

$A$  – бір ауысым ішінде өңделетін шикізат мөлшері, кг;

$Q$  – қондырғының бір сағаттағы өнімділігі, кг;

$T$  – ауысымның уақыт ұзақтығы, сағ;

$Q_1$  – машинаға бір сәтте жүктеуге болатын өнім мөлшері, кг;

$K$  – бір ауысымдағы циклдер саны ( $K = T/t$ );

$t$  – циклдің ұзақтығы.

Қондырғылар өнімділігі каталог немесе машина паспортына қарай алынады. Ет өндірісі желісінің өткізу қабілеті желідегі ілгіш жолы бар конвейердің жылжу жылдамдығына тәуелді, өндіріс қуатына қарай сменасына өңделінетін мал басына сәйкес конвейер жылдамдығын мына формула арқылы анықтауға болады:

$$v = \frac{AR}{60T}, \quad (3)$$

мұнда:  $v$  – шынжырлы конвейердің қозғалу жылдамдығы, м/мин;

$A$  – цехтың жұмыс өнімділігі, бас/ауысымна;

$R$  – конвейердегі өнім түрлерін ілгіштер арақашықтығы, м (ірі қара малдар үшін 1,8 м.).

Ғимараттың орналасуына қарай орнатылуы қажет конвейер желісінің ұзындығын анықтау жағдайында:

$$L = v \cdot t, \quad (4)$$

мұнда  $L$  – конвейердің ұзындығы, м;

$t$  – операцияны атқару ұзақтығы, мин.

Конвейерде жұмыс жасаушы қызметкерлердің жұмыс істеу орынын анықтау үшін мына формула қолданылады:

$$L_o = t_o v \cdot 1,2, \quad (5)$$

мұнда  $L_o$  – жұмысқа арналған орынның ұзындығы, м;

$t_o$  – өндірістік операцияны атқаруға қажетті уақыт, мин;

1,2 – тәжірибелік шарттарды ескерудегі түзету коэффициенті.

Келесі 1 кестеде ондағы жұмыс орындарының жалпы ұзындығы берілген. Жұмыс орнының жалпы ұзындығына ұшалар арасының ара қашықтығы және жұмыс операциясының орындалуы енеді [8].

1 кесте – Мал сою және ұшаны өңдеу желісіне қажетті жұмыс орындарының жалпы ұзындығы

№ пп	Жұмыс орынының аты	Жұмыс орындары учаскелерінің ұзындығы, м	
		Ірі қара малдар үшін	
		1 жұмыс орны	1 бас малға арналған
1	Есеңгіретілген малды асқыш конвейерге ілу орыны	4,0...5,0	–
2	Қасапшының жұмыс орыны	1,6	–
3	Қан ағызу жолының орыны	–	1,0
4	Басынан ажырату учаскесі	1,6	–
5	Басты ветеринарлық тексеру учаскесі	1,6...2,0	–
6	Терісін қолмен іреу учаскесі	1,6	–
7	Ұшаны келесі конвейерге ілу алдындағы дайындық учаскесі	–	1,0
8	Ұшаны келесі конвейерге ілу учаскесі	2,0	–
9	Ұшаны іш құрылысынан ажырату алдындағы дайындық	–	1,0
10	Кеуде сүйектерін аралау учаскесі	1,0	–
11	Ұшаны іш құрылысынан ажырату, тексеру	1,6	–
12	Ұшаны арамен бөлу учаскесі	1,0	–
13	Ұшаны ветеринарлық-санитарлық тексеру учаскесі	2,5...3,0	–
14	Ұшаның төменгі және жоғарғы жақтарын тазалау учаскесі	1,6	–
15.	Ұшаны таңбалау учаскесі	1,6	–
16	Ұшаны таразылау учаскесі	–	1,0
17	Ұшаны мұздатқышқа жіберу алдындағы ілгішке ілу учаскесі	1,5	–

Конвейерсіз жұмыс жағдайында жұмыс істеу орындары ірі қара малдар үшін орташа 2м.

Мұнда жұмыс істеу орнының ұзындығы жасалынатын операцияларға байланысты ескеріледі.

Жұмыс орнының жалпы ұзындығына ұшалар арасының ара қашықтығы және жұмыс операциясының орындалуы енеді. Мұндағы негізгі, ымша және қосалқы орын-жайлардың ауданын есептеу, м<sup>2</sup>:

$$F = A \cdot d, \quad (6)$$

мұндағы  $A$  – цех қуаты, бас/аусым;

$d$  – ауданның үлестік нормасы, м<sup>2</sup>/т.

Мал сою алдындағы алаң, м<sup>2</sup>

$$F = \frac{A \cdot k \cdot \tau}{T}, \quad (7)$$

мұндағы  $A$  – цехтың ауысымдық қуаты, бас;

$k$  – бір басқа арналған алаң нормасы, м<sup>2</sup> (ІҚМ үшін – 2,5 м<sup>2</sup>);

$\tau$  – малдың қорада болу ұзақтығы, сағ;

$T$  – аусым ұзақтығы, сағ.

Мал сою және ұшаны өңдеу алаңы, м<sup>2</sup>

$$F = A \cdot b \quad (8)$$

мұндағы  $A$  – цех қуаты, бас/аусым;

$b$  – ауданның үлестік нормасы, м<sup>2</sup>/т. (ІҚМ үшін – 1,15 м<sup>2</sup>/бас).

Ал малдан алынған өнімдерді сақтау қоймаларының ауданы, жалпы жұмыс алаңының 20%-ын алады. Бастапқы өңдеу цехындағы негізгі есеп конвейерлік, конвейерлік емес немесе жартылай конвейерлік болуы мүмкін аспалы жолдардың ұзындығын есептеу, м

$$L = \frac{A \cdot l \cdot \tau}{T \cdot 60}, \quad (9)$$

мұндағы  $A$  – мал саны бойынша аусымдық өнімділік;

$l$  – конвейерге ілінген ұшалар арасындағы қашықтық;

$t$  – минутпен есептегендегі процестің (операцияның) ұзақтығы;

$T$  – сағатпен есептегендегі ауысым ұзақтығы. ІҚМ үшін ілінген ұшалар арасындағы қашықтық 1,8 м.

Таразыға беруге арналған конвейерлік жолдың ұзындығы, таразыда өлшеу, ары қарай сырғыту тасымалдау ұзындықтарын анықтау

$$L = l \cdot n + 3,3, \quad (10)$$

мұндағы  $l$  – ІҚМ ұшалары арасындағы қашықтық, м;

$n$  – жұмыскерлер саны.

Малды бастапқы өңдеуге арналған конвейерсіз жолдың ұзындығын есептеу қажет жағдайда:

$$L = \sum l \cdot n, \quad (11)$$

мұндағы  $l$  – әрбір жұмыс орнының ұзындығы,

$n$  – жұмыс орнының саны мен конвейердің жалпы ұзындығы.

Ет өндірісінде мал сою және ұшаны өңдеу шикізаттарының есебі бойынша барлық сойылатын мал саны, әр малдан шығатын орташа ет, сүйектің шамасы тірі салмағымен алынады. Ұшасын өңдеу жұмыстарында ұша массасын анықтау керек.

Ұша массасы ( $M_y$ , кг):

$$M_y = \frac{M_m \cdot Z}{100}, \quad (12)$$

мұндағы  $M_m$  – тірі салмағы, кг;

$Z$  – тірі салмағына қатысты шығымы, %

Аусымына қажетті сойылатын мал басы саны, бас

$$A = \frac{Q}{M_y}, \quad (13)$$

мұндағы  $Q$  – сойылатын мал басына қатысты аусымына ет өндіру кәсіпорны қуаты, кг/аусым.

Ішек, май, азықтық және техникалық өнімдер, теріні консервілеу, мал қанын, қылшығын, жүнін өңдеу, сол сияқты мұздатқыштар шикізаттарына қатысты есептер, өңделінетін цехтарда сменасына келіп түсетін шикізаттарға байланысты алынады.

Бір мал басына қатысты шикізат саны, кг

$$M_6 = \frac{500 \cdot Z}{100} \quad (14)$$

Цехқа аусымына келіп түсетін шикізат, кг:

$$M_u = \frac{A \cdot M_m \cdot Z}{100}, \quad (15)$$

Ет өндіру орындарының жұмыстары бірінен кейін бірі жалғасып жататын қондырғылар тізбегінен құралады. Тыныққан малдың түріне және үлкен-кішілігіне қарай сойылу әдістері әрқалай өңделінеді. Оның ішінде есеңгірету әдісіндегі боксының өнімділігін анықтау:

$$Q = \frac{60A}{\sum t}, \text{ бас/сағ}, \quad (16)$$

мұндағы:  $A$  – бір уақытта кіргізілген жануар саны;

$\sum t$  – электр тоқпен есінен тандыру уақыты, с:  $t_1$  – 1,5 мин бокс есігін ашу уақыты;  $t_2$  – 3,5 мин боксқа кіргізу уақыты, с;  $t_3$  – 1,5 мин бокс есігін жабу уақыты;  $t_4$  – 0,4...0,5 мин, есеңгірету уақыты, с;  $t_5$  – 5,5 мин малды арту уақыты, с;  $t_6$  – 2,5 мин еденді бастапқы орнына келтіру уақыты, с.

Ал үзілісті әрекеттегі тері сыпыру қондырғысының өнімділігін анықтау формуласы:

$$Q = \frac{60A}{\sum t}, \text{ бас/сағ}, \quad (17)$$

мұндағы:  $A$  – бір уақытта кіргізілген жануар саны;  $\Sigma t$  – тері сыпыру уақыты;  $c$ :  $t_1$  – 2,5 мин ұшаны қондырғыға беру уақыты,  $t_2$  – 3,5 мин теріні ілу уақыты,  $t_3$  – 9,5 мин теріні сыпыру уақыты,  $t_4$  – 1,5 мин теріні түсіру уақыты,  $t_5$  – 2,5 мин теріні шешу уақыты,  $t_6$  – 2,0 мин ұшаны қондырғыдан ауыстыру уақыты,  $t_{\text{іреу}}$  – 6,0 мин теріні қол күші арқылы іреу уақыты.

Сонымен бір малды есеңгірету, қансыздандыру және терісін сыпыру уақытын анықтап, ары қарай іш құрылысынан ажырату, ұшаны тазалау, ұшаны бөлу, ветеринарлық-санитарлық тексеруден өткізу, таңбалау және мұздатқыш камераларына арту жұмыстарын есептеуде өндіріс орнының бір күндегі малды сойып, өңдейтін ұша санын анықтауға болады. Яғни цехтың бір аусымдағы өнімділігі шығады [10].

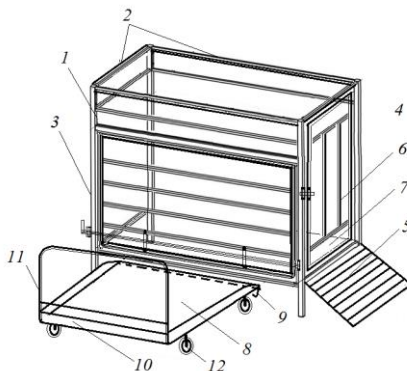
Ары қарай тоқталатынымыз мал сою орындарында қолданылатын қондырғылардың бірі – есеңгірету боксы. Әсіресе ірі қара малдар үшін есеңгірету арқылы сою – санитарлық жағынан таза және сапалы ет алудың бірден-бір жолы. Өйткені, есеңгірету нәтижесінде мал қозғалу қабілетін жоғалтады, бірақ қан айналымы сол қалпында жүріп, толығымен сыртқа шығуына бейім келеді. Санитарлық тазалықты дұрыс сақтайды және жұмыскерлерге артық күш түсірмеуге септігін тигізеді. Малды есеңгірету кезінде қан ағызу процесі бірден жүргізілуі тиіс. Ірі қара мал денесінде тірілей салмағына шаққанда 7-8% қан болады. Осы қанның 55-65% шыққан болса, онда ол ет қаннан жақсы тазартылған болып есептеледі. Қан ағызу процесі 6-8 минутқа созылады [11].

Негізінде малды есеңгірету бокстарының көптеген түрлері бар. Солардың ішіндегі елімізде жасалынған мобильді жылжымалы мал сою боксы шағын шаруашылықтар үшін қолдануға ыңғайлы болғанымен есеңгіретілген малды ары қарай ілгіш жолға бағыттау орны жоқ және санитарлық жағынан тазалық сақталынбайды [12].

Өндірісте қолданылып жүрген есеңгірету бокстарына келетін болсақ, инновациялық патент бойынша жасалынған бокстың кемшілігі есеңгіретілген мал арбаға құлау кезінде құлау бағытын өзгерте алмайды, яғни сол тұрған қалпында аяқтарын астына басып қалып, келесі жасалынатын операцияларға кері әсерін береді және арба рельс жолдарымен ғана қозғала алатындықтан кішігірім мал сою орындарына арналмаған [13].

Ал рәсім (халал) бойынша мал сою орындарындағы бокс толық автоматты түрде жұмыс атқарады («Алтын ордадағы» мал сою орнында болып, толығымен жұмыс процесін анықтадық). Барлық жағынан механикаландырылған десе де біздің қанағат етпегеніміз – малды 180 градусқа айналдырып барып, малға шок алдырып басын кескен кезде мойын еттерінің біразы басында қалды (сойылған малдың дене салмағы кіші, я болмаса үлкен болуы да мүмкін). Ауылда мал сойғанды көріп жүрген біздер үшін бізге жабайы көрінді. Оның үстіне уақыт өте келе елімізде мал терісін өңдеу орындары салына бастаса, ірі қара малдың бас терісімен қоса сыпырылатынын ескерер болсақ терінің жарамсыз болып қалу қаупі бар. Ал рәсім бойынша есеңгіретуге арналған бокс бағасы шағын шаруашылықтар үшін қол жетімсіз және өте қымбат.

Біздің елді мекендердегі шағын және орта шаруашылықтар үшін ұсынып отырған қондырғымыз (2 сурет) мал сою орнында пайдалануға болатын бокс және арту арбасы.



Сурет 2 – Ұсынылған бокс және арба сызбасы

Мұнда есеңгірету едендегі электр жүйесі арқылы атқарылады. Ал электр жүйесі деп отырғанымыз, мал тұратын жерге орнатылған темірден жасалынған еден. Малдың алдыңғы

аяқ жақтарында « + » тоқ жүйесі болса, артқы аяқ жақтарында « - » тоқ жүйесі жүргізілген. Малдардың алдыңғы аяқтары мен артқы аяқтары тұратын бөлме еденіне бір-бірімен түйіспейтін ток күштері жалғанғандықтан, ол арқылы еденде тұрған малды есеңгіретуге болады, яғни еденге ток күшін қосу арқылы мал есеңгіретіледі.

Бокстың құрылысы: қаңқадан1, қозғалмайтын етіп жасалынған екі қабырғадан 2, жылжымалы бүйірлік қалқаны бар қабырғадан 3, мал кіргізілетін есік орнатылған қабырғадан 4, мал кіргізілетін төсемнен 5, есіктен 6, еңіс жасалынған еденнен 7, арбадан 8, арбаны боксқа бекіту орнынан 9, арту арбасының шеткі қырларынан 1, арту арбасының ұстағышынан 11 және арту арбасының дөңгелектерінен12 тұрады .

Оң жақтағы бүйірлік қабырға бойындағы өздігінен жабылатын қалқан есеңгіретілген малдың құлау кезіндегі бағытын реттеу арқылы ашылып-жабылып отырады. Малды боксқа кіргізуге арналған төсем мал тұяғының тайғанап кетпейтіндей ыңғайландырып жасалынған. Мұндағы арту арбасының атқаратын ролі есеңгіретіліп, құлаған малды қабылдау және келесі жасалынатын жұмыстарға қарай тасымалдап апару және қосымша тасымалдау қызметтерін атқарады. Бокс және тасымалдау арбасының өнімділігі 15-20 бас/сағ, камера өлшемі 2600x800x1800 мм [14].

### **Қорытынды**

Қазіргі кездегі дүкен сөрелеріндегі тұнып тұрған еттен алынатын өнім түрлерінің дәмділігі мен сапасын жоғарылату мақсатында мал сою орындарында жасалынатын жұмыстардың технология бойынша атқарылуы және қолжетімді арзан қондырғылармен жабдықталуы – халықты сапалы азық түрлерімен қамтамасыз етуге және халықтың етке деген сұранысын молайтуға болатынын дәлелдейді.

Ұсынылып отырған бокс пен тасымалдау арбасы мал сою орындарындағы ілгіш жолдармен қамтамасыз етілмеген кішігірім шаруашылықтар үшін тиімді келеді. Мақала шағын шаруашылықтар үшін мал сою технологиясы мен ондағы жұмыс процесін атқаратын қондырғыларға шолу жасау арқылы халықты сапалы ет өнімдері түрлерімен қамтамасыз етуге септігін тигізеді деген ойдамыз.

### **Әдебиеттер тізімі**

1. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2021 жылғы қызметінің қорытындысы және 2022 жылға арналған міндеттері. 17 Ақпан 2022.
2. State financial support of agroindustrial complex in the republic of Kazakhstan / Sh.Sh Ramazanova, N.K. Kuchukova, L.V. Legostaeva, Yu.V. Foot // Reports Of The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan. – 2019. – Volume 2, № 324. – P. 149-154. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1483.52>.
3. Food safety knowledge, attitude, and practice toward compliance with abattoir laws among the abattoir workers in Malaysia / A. Abdullahi, A. Hassan, N. Kadarman et al // International journal of general medicine/ – 2016. – vol. 9. – P. 79.
4. Еріш Н.А. НАССР бойынша тағам өнімдерінің қауіпсіздігін бағалау әдістемесі : әдістемелік нұсқау / Н.А. Еріш. – Қостанай: А. Байтұрсынов атындағы ҚМУ, 2011. – 19 б.
5. Байзакова Ж.С. Мал шаруашылығы өнімдерін өңдеу және қайта өңдеу технологиялары мен машиналары / Ж.С. Байзакова. – Алматы: «Айтұмар» баспасы, 2018. – 423 б.
6. Iskakova M.S. Bases of state support of innovative entrepreneurship / M.S. Iskakova, D.Z. Akhunova // Reports Of The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan. – 2020. – Vol. 4, № 332. – P. 124-129. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1483.99>.
7. ГОСТ Р 54315-2011. Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
8. Оборудование для убоя и первичной переработки скота : каталог / Российский науч.-исслед. ин-т информ. и технико-экон. исслед. по инженерно-техническому обеспечению агропром. комплекса (ФГБНУ "Росинформагротех"); [ред. Л.Т. Мехрадзе, В.И. Сидорова]. – Москва: Росинформагротех, 2011. – 145 с.
9. Ansari-Lari M. Knowledge, attitudes and practices of workers on food hygienic practices in meat processing plants in Fars, Iran / Food Control // M. Ansari-Lari, S. Soodbakhsh, and L. Lakzadeh. – 2010. – vol. 21, № 3. – P. 260-263.



10. Серегин И.Г. Ветеринарно-санитарные требования при убое животных на мясо в разных странах мира / И.Г. Серегин, Д.В. Никитченко, В.Е. Никитченко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 61-69.
11. Мустафаева А.К. Ет және сүт өнімдерінің технологиялық машиналарын монтаждау және жөндеу: оқу құралы / А.К. Мустафаева. – Алматы: Эпиграф, 2021. – 144 б.
12. Инновац. пат. RU. № 96123786А Республика Казахстан, (19) KZ (13) A4 (11) 22854. (45)15.09.2010. Мобильный передвижной убойный пункт / Исмагулов Х., Мулдағалиев Г.В.; опубл. 15.09.2010, Бюл. № 9. – 3 с.
13. Инновац. пат. 23061 Республика Казахстан, кл. A22B 5/02.76. (19) KZ (13) A4 (11) 23061 (45)15.11.2010. Боксы для оглушения животных / Жайлаубаев Ж.Д., Ложкин В.А., Салимов Б.И., Бопин Т.Е., Кутепов В.Р.; опубл. 15.11.2010, Бюл. № 11. – 4 с.
14. Пат. 2019/0437.2 Республика Казахстан, A22B 5/02 (2006.01). Бокс оглушения / Байзакова Ж.С., Болатқызы Ж., Сабитов Е.; опубл. 10.05.2019, Бюл. № 48.

### References

1. Kazakstan Respublikasynyn Auyl sharuashylygy ministrliginiń 2021 zhylygy kyzmetinin korytyndysy zhane 2022 zhylyga arналған mindetteri. 17 Aқпан 2022. (In Kazakh).
2. State financial support of agroindustrial complex in the republic of Kazakhstan / Sh.Sh Ramazanova, N.K. Kuchukova, L.V. Legostaeva, Yu.V. Foot // Reports Of The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan. – 2019. – Volume 2, № 324. – R. 149-154. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1483.52>. (In English).
3. Food safety knowledge, attitude, and practice toward compliance with abattoir laws among the abattoir workers in Malaysia / A. Abdullahi, A. Hassan, N. Kadarman et al // International journal of general medicine/ – 2016. – vol. 9. – P. 79. (In English).
4. Erish N.A. NASSR bojnsha тапam onimderinin kauipsizdigin bagalau adistemesi : adistemelik nuskau / N.A. Erish. – Kostanaj: A. Bajtursynov atyndagy KМУ, 2011. – 19 б. (In Kazakh).
5. Bajzakova Zh.S. Mal sharuashylygy onimderin ondeu zhane kajta ondeu texnologiyalary men mashinalary / Zh.S. Bajzakova. – Almaty : «Ajtumar» baspasy, 2018. – 423 б. (In Kazakh).
6. Iskakova M.S. Bases of state support of innovative entrepreneurship / M.S. Iskakova, D.Z. Akhunova // Reports Of The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan. – 2020. – Vol. 4, № 332. – R. 124-129. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1483.99>. (In English).
7. GOST R 54315-2011. Krupnyj rogatyj skot dlya uboya. Govyadina i telyatina v tushax, polutushax i chetvertinax. Texnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2012. – 23 s. (In Russian).
8. Oborudovanie dlya uboya i pervichnoj pererabotki skota: katalog / Rossijskij nauch.-issled. in-t inform. i texniko-e`kon. issled. po inzhenerno-texnicheskomu obespecheniyu agroprom. kompleksa (FGBNU «Rosinformagrotex»); [red. L.T. Mexradze, V.I. Sidorova]. – Moskva: Rosinformagrotex, 2011. – 145 s. (In Russian).
9. Ansari-Lari M. Knowledge, attitudes and practices of workers on food hygienic practices in meat processing plants in Fars, Iran / Food Control // M. Ansari-Lari, S. Soodbakhsh, and L. Lakzadeh. – 2010. – vol. 21, № 3. – R. 260-263. (In English).
10. Seregin I.G. Veterinarno-sanitarny`e trebovaniya pri uboe zhivotny`x na myaso v razny`x stranax mira / I.G. Seregin, D.V. Nikitchenko, V.E. Nikitchenko // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby` narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 61-69. (In English).
11. Mustafaeva A.K. Et zhane sut onimderinin texnologiyalyk mashinalaryn montazhdau zhane zhondeu: oku kuraly / A.K. Mustafaeva. – Almaty: Epigraf, 2021. – 144 б. (In Kazakh).
12. Innovacz. pat. RU. № 96123786А Республика Казахстан, (19) KZ (13) A4 (11) 22854. (45)15.09.2010. Mobil`ny`j peredvizhnoj ubojny`j punkt / Ismagulov X., Muldagaliev G.V.; opubl. 15.09.2010, Byul. № 9. – 3 s. (In Russian).
13. Innovacz. pat. 23061 Республика Казахстан, кл. A22V 5/02.76. (19) KZ (13) A4 (11) 23061 (45)15.11.2010. Boksy` dlya oglusheniya zhivotny`x / Zhajlaubaev Zh.D., Lozhkin V.A., Salimov B.I., Bopin T.E., Kutepov V.R.; opubl. 15.11.2010, Byul. № 11. – 4 s. (In Russian).
14. Pat. 2019/0437.2 Республика Казахстан, A22V 5/02 (2006.01). Boks oglusheniya / Bajzakova Zh.S., Bolatky`zy` Zh., Sabitov E.; opubl. 10.05.2019, Byul. № 48. (In Russian).

**Ж.С. Байзакова<sup>1</sup>, Е.М. Мажиев<sup>2\*</sup>, Ж.С. Чингенжинова<sup>3</sup>, Э.М. Мажиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Международный инженерно-технологический университет,  
050060, Республика Казахстан, г. Алматы, аль-Фараби 89/21

<sup>2</sup>Международная Образовательная Корпорация,  
050043, Республика Казахстан, г. Алматы, Рыскулбекова, 28

<sup>3</sup>Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Абая, 8

\*e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru

## **СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА МАЛЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ**

*В данной научной статье в целях повышения качества мясной продукции поставлена цель обеспечить население качественной мясной продукцией путем рассмотрения технологии убоя животных и оборудования, осуществляющего рабочий процесс в нем (в том числе шокового бокса). Обеспечивается скорость транспортировки. Приведены производственные мощности, технический уровень и требования к технологии убоя скота, технологии убоя и переработки туш, принятой в части технологии убоя.*

*Первичными условиями при приеме скота из хозяйств для обеспечения населения качественной продукцией в агропромышленном комплексе являются наличие документов по благополучию животных от болезней, то есть правильность ветеринарно-санитарного обследования и прием скота.*

*Контроль за технологическим методом выполнения всех выполняемых работ при подготовке принятых животных к убою, убою и первичной обработке туш и улучшение работы установок и оборудования, выполняющих эти технологические операции. С целью получения качественного мяса и мясопродуктов на убой после приема скота следует уделять большое внимание работе установок, машин и аппаратов, выполняющих работы по технологическим методам, путем разработки, убоя, первичной обработки туш, переработки побочных продуктов и правильного применения соответствующих технологических методов для продуктов получения мяса.*

**Ключевые слова:** технология обеспечения качественными мясными продуктами, бокс для оглушения.

**Zh.S. Baizakova<sup>1</sup>, Y.M. Mazhiev<sup>2\*</sup>, Zh.S. Gingenzhinova<sup>3</sup>, E.M. Mazhieva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>International University of Engineering and Technology,  
050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi 89/21

<sup>2</sup>International Educational Corporation,  
050043, Republic of Kazakhstan, Almaty, Ryskulbekova, 28

<sup>3</sup>Kazakh National Agrarian Research University,  
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty, Abaya St., 8

\*e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru

## **WAYS TO OBTAIN HIGH-QUALITY MEAT PRODUCTS IN SMALL-SCALE PRODUCTION FACILITIES**

*In this scientific article, to provide the population with high-quality types of meat products through an overview of the technology of slaughtering animals and the equipment that performs the process of work on it (including shock boxing) to improve the quality of types of meat products. For this purpose, during the transportation of animals, it is provided to ensure that the animals are not injured, the speed of loading and unloading animals into vehicles, and transportation. The production capacity, technical level and requirements of the technology of development, slaughter and carcass processing of cattle for slaughter adopted by the slaughter technology are considered.*

*In order to provide the population with high – quality feed in the agro-industrial complex, the initial conditions when accepting livestock from farms are the availability of documents on the well-being of animals from diseases, that is, the correct veterinary and sanitary examination, and the acceptance of livestock. Monitoring the implementation of all work performed according to the technological method during the preparation of adopted animals for slaughter, slaughter and primary processing of carcasses and improving the operation of installations and equipment performing these technological operations. In order to obtain high-quality meat and meat products, much attention should be paid to the operation of units, machines and apparatuses that perform work on technological methods, with the correct application of appropriate*

*technological methods for the preparation, slaughter, primary processing of carcasses, processing of by-products and meat products for post-acceptance slaughter of animals.*

**Key words:** *technology of providing quality meat products, shock boxing.*

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Жұмакүл Сейітқадырқызы Байзақова** – техника ғылымдарының кандидаты, PhD докторы, «Тамақ өндірісінің техникасы және технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: Zhumakulb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4482-9879>.

**Ержан Мырзахметұлы Мажиев\*** – «Сәулеттік жобалау негіздері» кафедрасының ассистент профессоры; Халықаралық білім беру корпорациясы, Қазақстан; e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6010-0546>.

**Жұмақыз Сейітқадырқызы Чингенжинова** – «IT технологиялар және автоматизация» кафедрасының аға оқытушысы, техника ғылымдарының магистрі; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан; e-mail: chingenzhinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9221-3323>.

**Эльба Мырзахметқызы Мажиева** – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ өндірісінің техникасы және технологиясы» кафедрасының лекторы; Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: e.majieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-3581>.

#### **Сведения об авторах**

**Жумакул Сейиткадыровна Байзакова** – кандидат технических наук, доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Техника и технология пищевых производств»; Международный инженерно-технологический университет, Казахстан; e-mail: Zhumakulb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4482-9879>.

**Ержан Мырзахметович Мажиев\*** – ассистент профессор кафедры «Основы архитектурного проектирования»; Международная Образовательная Корпорация, Казахстан; e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6010-0546>.

**Жумакыз Сейиткадыровна Чингенжинова** – старший преподаватель кафедры «IT технологии и автоматизация», магистр технических наук; Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахстан; e-mail: chingenzhinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9221-3323>.

**Эльба Мырзахметовна Мажиева** – магистр технических наук, лектор кафедры «Техника и технология пищевых производств»; Международный инженерно-технологический университет, Казахстан; e-mail: e.majieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-3581>.

#### **Information about the authors**

**Zhumakul Seyitkadyrovna Baizakova** – Candidate of Technical Sciences, PhD, Associate Professor of the Department of Food Production Engineering and Technology; International University of Engineering and Technology, Kazakhstan; e-mail: Zhumakulb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4482-9879>.

**Yerzhan Myrzakhmetovich Mazhiev** – Assistant Professor of the Department "Fundamentals of Architectural Design"; International Educational Corporation, Kazakhstan; e-mail: Yerzhan.mazhi@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6010-0546>.

**Zhumakyz Seyitkadyrovna Chingenzhinova** – Senior Lecturer of the Department of IT Technologies and Automation, Master of Technical Sciences; Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan; e-mail: chingenzhinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9221-3323>.

**Elba Myrzakhmetovna Mazhieva** – Master of Technical Sciences, lecturer at the Department of «Engineering and Technology of Food Production»; International University of Engineering and Technology, Kazakhstan; e-mail: e.majieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-3581>.

*Редакцияға енуі 12.02.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 08.04.2024*

*Жариялауға қабылданды 22.04.2024*

**Е.С. Жарыкбасов<sup>2\*</sup>, А.К. Какимов<sup>2</sup>, К.С. Жарыкбасова<sup>1</sup>, Ж.Х. Какимова<sup>2</sup>, Г.Н. Раимханова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Alikhan Bokeikhan University

071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Мәңгілік Ел, 11

<sup>2</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

\*e-mail: klara\_zharykbasova@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА**

**Аннотация:** В статье проведен теоретический анализ научных исследований, направленных на разработку технологий функциональных молочных продуктов с использованием коллагена или коллагенсодержащего продукта. Актуальность данных исследований подтверждается растущим интересом к функциональным продуктам питания, которые способствуют улучшению здоровья и профилактике различных заболеваний. Коллаген, как инновационный ингредиент, обладает способностью улучшать текстуру, консистенцию и биологическую ценность молочных продуктов. На основании проведенных экспериментальных исследований определена микроструктура полученного сухого коллагенсодержащего концентрата. В результате вычислений было установлено, что средний размер пор сухого коллагенсодержащего концентрата составляет 12,5 мкм, влияющий на повышение влагоудерживающей способности творожного продукта. Установлено, что с повышением дозы вносимого сухого коллагенсодержащего концентрата (от 1 до 13%) повышается влагоудерживающая способность нежирного творожного продукта. Разработана балльная шкала для оценки консистенции нежирного творожного продукта. Наивысшая балльная оценка отмечена в нежирном творожном продукте с содержанием от 1 до 5% сухого коллагенсодержащего концентрата. В результате проведенных исследований установлена оптимальная доза сухого коллагенсодержащего концентрата (5 %) для разработки рецептуры и технологии творожного продукта.

**Ключевые слова:** творожный продукт, коллагенсодержащий концентрат, влагоудерживающая способность, консистенция.

### **Введение**

В мировой практике коллаген, благодаря своим уникальным структурным, биохимическим и физико-химическим свойствам, вызвал значительный интерес не только в медицине и косметологии, но и в пищевой промышленности. Коллаген способствует улучшению здоровья кожи, суставов, костей и соединительных тканей, что делает его важным компонентом для создания продуктов, ориентированных на правильное питание и поддержание общего здоровья людей. Его уникальные свойства и многообразие форм применения делают коллаген ценным ингредиентом, способным улучшить текстуру, вкус и питательную ценность различных продуктов питания [1-3].

Использование коллагена в пищевой промышленности разнообразно и включает такие направления, как производство желатина, создание мясных продуктов, обогащение функциональных продуктов питания и производство диетических добавок. Функциональные ингредиенты на основе коллагена, используемые в производстве продуктов питания, способствуют улучшению цвета, текстуры, вкуса и общего качества готовой продукции. Для улучшения структурно-механических характеристик при производстве колбас и сосисок, рыбных консервов и фарша, а также кондитерских изделий, применяют коллаген или коллагенсодержащий продукт. Коллаген в качестве добавки также используется для изготовления съедобных пищевых пленок и покрытий. Как показывает анализ литературных источников, применение коллагена в производстве пищевых продуктов повышает их пищевую, биологическую ценность и улучшает потребительские свойства, такие как эластичность и стабильность готовой продукции [3-6].

Актуальным и перспективным направлением в пищевой промышленности является применение коллагена и коллагенсодержащих продуктов в производстве молочных продуктов. Коллаген улучшает текстуру и консистенцию молочных продуктов, способствует их стабилизации в процессе хранения. Вместе с тем, коллаген является ценным источником белка, повышая пищевую и биологическую ценность молочных продуктов. Это особенно важно для разработки функциональных молочных продуктов, ориентированных на поддержание здоровья кожи, суставов и костей. Так, российскими учеными установлен синергетический эффект при употреблении кисломолочных продуктов с коллагеном. Установлено, что применение коллагена в производстве творожного продукта значительно повышает показатель относительной биологической ценности в сравнении с контрольным образцом без коллагена [7-11]. Необходимо отметить, что в последние годы наблюдается растущий интерес к разработке продуктов спортивного питания, обладающих не только высокой энергетической ценностью, но и способствующих улучшению общего состояния организма и повышению физической активности. В данном контексте особое внимание уделяется разработке продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами, такими как коллаген [12, 13].

Основным источником коллагена является вторичное сырье мясной, рыбной и птицеперерабатывающей промышленности. В последние годы ученые уделяют особое внимание применению вторичного белкового сырья птицеперерабатывающей промышленности в тканевой инженерии, пищевой и косметической промышленности. Для извлечения коллагена из птицы используют куриные лапки, перья, гребешки, кости и кожу. Коллаген, полученный из вторичного сырья птицеперерабатывающей промышленности, богат такими аминокислотами, как глицин, пролин и гидроксипролин, которые важны для здоровья кожи, суставов и костей. Фибриллы коллагена характеризуются высокой прочностью и гибкостью, что позволяет им сохранять структуру и стабильность при различных условиях обработки и хранения [14-17].

На основании обзора литературных источников необходимо отметить, что коллаген, благодаря своим уникальным свойствам, широко применяется в пищевой промышленности. Коллаген, особенно полученный из вторичного сырья птицеперерабатывающей промышленности, обладает хорошими механическими свойствами, что позволяет использовать его в производстве молочных продуктов. Благодаря высокой биодоступности и хорошей усвояемости, коллаген способствует улучшению общего состояния организма при регулярном употреблении продуктов с его добавлением. Таким образом, использование коллагена в молочной промышленности не только улучшает физические характеристики готовых продуктов, но и придает им функциональные свойства, благотворно влияющие на здоровье потребителей.

На основании вышеизложенного в работе поставлена цель - исследование и подбор оптимальной дозы сухого коллагенсодержащего концентрата для разработки рецептуры и технологии нежирного творожного продукта с однородной консистенцией.

#### **Методы исследования**

Экспериментальные исследования проведены с применением следующих методов.

1. Методика определения размера пор сухого коллагена на растровом электронном микроскопе (SEM).

Сухие образцы коллагена измельчаются в порошок и затем наносятся на медные подложки для электронного микроскопа. Поверхность коллагенсодержащего концентрата покрывается тонким слоем платины толщиной слоя 5-10 нм. Поверхность образца сканируется электронным пучком, затем полученные изображения фиксируются с различными увеличениями для детального анализа структуры коллагена. На полученных SEM-изображениях измеряются размеры пор (расстояния между коллагеновыми фибриллами) с использованием программного обеспечения для анализа изображений.

Производят расчет среднего значения размера пор, стандартное отклонение, коэффициент вариации.

Среднее значение ( $\chi_{cp}$ ):

Среднее значение пор определяется как сумма всех значений, деленная на количество этих пор:

$$\chi_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \chi_i, \quad (1)$$

где:  $\chi_i$  – диаметр пор,  $\mu\text{м}$ ;  
 $N$  – количество измерений.

Стандартное отклонение ( $\sigma$ )

Стандартное отклонение измеряет среднее отклонение каждого значения набора данных от среднего значения и рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\chi_i - \chi_{\text{ср}})^2}, \quad (2)$$

где:  $\chi_{\text{ср}}$  – средний размер пор,  $\mu\text{м}$ ;

$\chi_i$  – размер пор,  $\mu\text{м}$ ;

$N$  – количество измерений.

Коэффициент вариации (CV):

CV показывает величину стандартного отклонения относительного среднего значения и рассчитывается по формуле:

$$CV = \frac{\sigma}{\chi_{\text{ср}}} \times 100\%, \quad (3)$$

где:  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $\mu\text{м}$ ;

$\chi_{\text{ср}}$  – средний размер пор,  $\mu\text{м}$ .

## 2. Методика определения влагоудерживающей способности (ВУС) по ГОСТ 7636-85

Для определения ВУС в исследуемом продукте берут навеску массой 100 мг, помещают ее на фильтровальную бумагу, проводят прессование с помощью прибора планиметр для выделения влаги. Затем измеряют площадь общего пятна и площадь пятна, оставленного продуктом.

ВУС (%) рассчитывают по формуле:

$$\text{ВУС} = \frac{m_w - 8.4(S_1 - S_2)}{m} \times 100, \quad (4)$$

где:  $m_w$  – содержание влаги в навеске, мг;

$S_1$  – площадь общего пятна,  $\text{см}^2$ ;

$S_2$  – площадь пятна продукта,  $\text{см}^2$ ;

$m$  – навеска продукта, мг

## Результаты исследования

На основании проведенных собственных исследований был получен сухой коллагенсодержащий концентрат из различных частей курицы, таких как кожа, костная ткань и лапки. Результаты комплексного исследования пищевой и биологической ценности коллагенсодержащего концентрата позволяют обоснованно утверждать о потенциальных преимуществах его применения в производстве творожных продуктов для спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни.

На первом этапе проведены исследования по определению размера пор сухого коллагена на сканирующем электронном микроскопе (SEM). При разработке технологии творожных продуктов, обогащенных сухим коллагенсодержащим концентратом, важно учитывать их структуру и размеры пор. Поры коллагена, которые представляют собой пространство между коллагеновыми фибриллами, могут значительно влиять на однородность текстуры и влагоудерживающую способность творожного продукта [18]. На рисунке 1 представлена микрофотография сухого коллагенсодержащего концентрата при увеличении в 300 раз.

Как видно из рисунка 1 сухой коллагенсодержащий концентрат характеризуется неоднородностью размеров пор (6,32  $\mu\text{м}$ ; 11,33  $\mu\text{м}$ ; 14,00  $\mu\text{м}$ ; 14,8  $\mu\text{м}$ ; 16,12  $\mu\text{м}$ ).

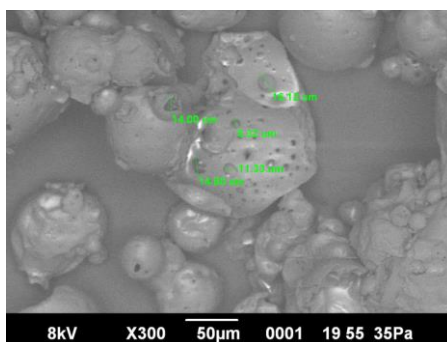


Рисунок 1 – Микроструктура сухого коллагенсодержащего концентрата

Для проведения анализа свойств сухого коллагенсодержащего концентрата с целью обеспечения качества и оптимизации его применения в производстве творожных продуктов произведен расчет среднего размера пор, величины стандартного отклонения и коэффициента вариации.

Расчет среднего размера пор сухого коллагенсодержащего концентрата:

$$x_{\text{ср}} = \frac{6,32+11,33+14,00+14,80+14,8+16,2}{5} = 12,514 \text{ } \mu\text{m} \quad (1)$$

Стандартное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(6,32-12,514)^2 + (11,33-12,514)^2 + (14,00-12,514)^2 + (14,8-12,514)^2 + (16,12-12,514)^2}{5}} = 4,08 \text{ } \mu\text{m} \quad (2)$$

Коэффициент вариации:

$$CV = \frac{4,08}{12,514} \times 100\% \approx 32,6\% \quad (3)$$

Данные вычисления показывают, что размеры пор в полученном сухом коллагенсодержащем концентрате составляют приблизительно 12,514  $\mu\text{m}$ , со стандартным отклонением около 4,08  $\mu\text{m}$ . Коэффициент вариации 32,6% указывает на неоднородность размеров пор, что может повлиять на консистенцию и влагоудерживающую способность творожного продукта.

На основании вышеизложенного проведены исследования влияния различных доз коллагенсодержащего концентрата на влагоудерживающую способность нежирного творожного продукта.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 2.

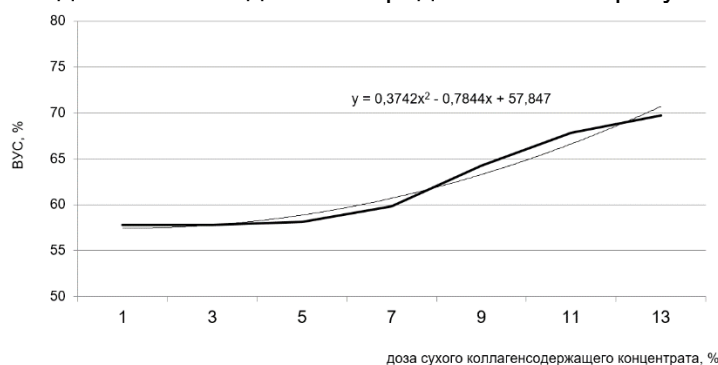


Рисунок 2 – Влияние сухого коллагенсодержащего концентрата на влагоудерживающую способность творожного продукта

На следующем этапе проведены исследования влияния различных доз сухого коллагенсодержащего концентрата на консистенцию нежирного творожного продукта. Разработана балльная шкала для оценки консистенции готового продукта, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Балльная шкала для оценки консистенции нежирного творожного продукта

№	Характеристика консистенции продукта	Балльная оценка
1	Нежирный творожный продукт полностью однородный, мягкий, вязущий	5
2	Нежирный творожный продукт однородный, мягкий, вязущий с незначительным нарушением плотности структуры	4
3	Нежирный творожный продукт однородный, мягкий, вязкий с повышенной влажностью со значительным нарушением плотности структуры	3
4	Нежирный творожный продукт с повышенной влажностью с неоднородной структурой	2
5	Нежирный творожный продукт с повышенной влажностью со значительным нарушением однородности структуры	1

На основании балльной шкалы определена балльная оценка опытных образцов нежирного творожного продукта в зависимости от дозы вносимого сухого коллагенсодержащего концентрата. Результаты исследования представлены на рисунке 3.

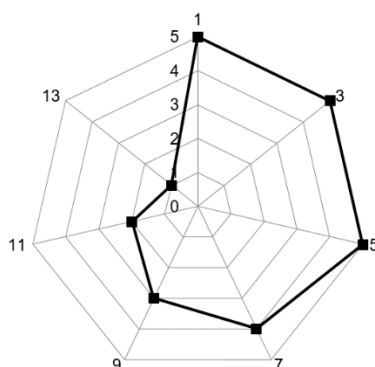


Рисунок 3 – Балльная оценка нежирного творожного продукта

#### Обсуждение результатов исследования

На основании экспериментальных исследований влияния сухого коллагенсодержащего концентрата на влагоудерживающую способность (ВУС) творожного продукта (рис. 1) установлено, что с повышением дозы вносимого сухого концентрата повышается ВУС готового продукта. В результате вычислений было установлено, что средний размер пор сухого коллагенсодержащего концентрата составляет  $12,5 \mu\text{m}$ , что способствует повышению влагоудерживающей способности творожного продукта. Положительное значение  $(0,3742x^2)$  уравнения полиномиальной линии тренда указывает на то, что с повышением дозы вносимого сухого коллагенсодержащего концентрата значение ВУС нежирного творожного продукта будет расти с ускорением.

Однако, высокие показатели влагоудерживающей способности нежирного творожного продукта могут привести к формированию чрезмерно вязкой и мягкой структуры продукта с потерей его плотности.

Как видно из рисунка 3 доза вносимого сухого коллагенсодержащего концентрата влияет на консистенцию нежирного творожного продукта. Консистенция творожного продукта полностью однородная, мягкая, вязущая при добавлении от 1 до 5% сухого коллагенсодержащего концентрата. При увеличении дозы концентрата до 7% наблюдается незначительное нарушение плотности структуры, то есть, из-за повышенной влажности понижается устойчивость структуры. При добавлении 9% концентрата консистенция продукта становится однородной, мягкой, но вязкой с повышенной влажностью и значительным нарушением плотности структуры. С увеличением дозы вносимого концентрата свыше 11 % нарушается однородность структуры творожного продукта. Нарушение плотности и однородности структуры нежирного творожного продукта, по-видимому, связано с неоднородностью размеров пор коллагенсодержащего концентрата. Как видно из рисунка 1 сухой коллагенсодержащий концентрат характеризуется неоднородностью размеров пор



(6,32  $\mu\text{m}$ ; 11,33  $\mu\text{m}$ ; 14,00  $\mu\text{m}$ ; 14,8  $\mu\text{m}$ ; 16,12  $\mu\text{m}$ ) и средним коэффициентом вариации (32,6%). Неоднородность размеров пор сухого коллагенсодержащего концентрата влияет на равномерность распределения влаги в творожном продукте, что, в свою очередь, влияет на текстуру и консистенцию продукта.

#### **Заключение**

На основании проведенных исследований определена микроструктура полученного сухого коллагенсодержащего концентрата. Рассчитанное стандартное отклонение (4,08  $\mu\text{m}$ ) показывает, что наблюдается неоднородность в размерах пор коллагена, которое может оказывать комбинированные эффекты на консистенцию и влагоудерживающую способность нежирного творожного продукта. В результате экспериментальных исследований влагоудерживающей способности продукта и балльной оценки его консистенции установлено, что оптимальная доза внесения сухого коллагенсодержащего концентрата для разработки рецептуры и технологии творожного продукта составляет 5 %. При данных значениях полученный нежирный творожный продукт характеризуется полностью однородной, мягкой, вязкой консистенцией и влагоудерживающей способностью продукта составляет 57,82 %.

#### **Список литературы**

1. Collagen and gelatin: Structure, properties, and applications in food industry / M.I. Ahmad et. all // International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Vol. 254, Pt 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128037>.
2. Collagen and its derivatives: From structure and properties to their applications in food industry / C. Tang et. all // Food Hydrocolloids. – 2022. – Vol. 131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107748>.
3. Перспективы применения коллагена в пищевой промышленности / А.Т. Кажымурат и др. // Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков», г. Новосибирск, 13 января-22 февраля 2017 года. – С.7-14.
4. Жаринов А.И. Белковые добавки: Особенности состава, свойств и использования при производстве мясной продукции / А.И. Жаринов, О.В. Кузнецова, В.В. Носонова // Мясная индустрия. – 2021. – № 5. – С. 24-29.
5. Collagen in food and beverage industries / P. Hashim et. all // International Food Research Journal. – 2015. – № 22(1). – P.1-8.
6. Poultry spent wastes: an emerging trend in collagen mining / R. Radhakrishnan et. all // Advances in Tissue Engineering & Regenerative Medicine. – 2020. – Vol. 6, № 2. – P. 26-35.
7. Гинзбург М.А. Влияние вида коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов / М.А. Гинзбург, Н.И. Дунченко // Молочная промышленность. – 2023. – № 4 – С. 25-27.
8. Мусина О.Н. Влияние коллагена на структурно-механические характеристики плавленого сыра / О.Н. Мусина, Е.М. Нагорных // Ползуновский вестник. – 2023. – № 2. – С. 112-118.
9. Effect of Collacen Types, Bacterial Strains and Storage Duration on the Quality of Probiotic Fermented Sheep’s Milk / K. Szopa et all // Molecules. – 2022. – № 27(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27093028>.
10. Znamirowska A. Probiotic Fermented Milk with Collagen / A. Znamirowska, K. Szajnar, M. Pawlos // Dairy. – 2020. – № 1(2). – P. 126-134.
11. Зобкова З.С. Биотестирование как индикатор изучения синергетического эффекта в производстве творожных продуктов с коллагеном / З.С. Зобкова // Пищевая промышленность. – 2023. – № 2. – С. 22-25.
12. Зилова И.С. Белковые компоненты в специализированных пищевых продуктах для питания спортсменов / И.С. Зилова // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 53. – С.133.
13. Alonso M.R. Evolution of the use of sports supplements / M.R. Alonso, B. Fernandez-Garcia // PharmaNutrition. – 2020. – Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2020.100239>.
14. Optimization of collagen extraction from chicken feet by papain hydrolysis and synthesis of chicken feet collagen based biopolymeric fibres / D. Dhakal et all // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 23. – P. 23-30.

15. Characterization of hydrolysates of collagen from mechanically separated chicken meat residue / M.M. Schmodti et. all // *Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 40. – P. 355-362.
16. Kiyak B.D. Advanced technologies for the collacen extraction from food waste / B.D. Kiyak, N. Cinkir, Y. Celebi // *A review on recent progress*. – 2024. – Vol. 201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110404>.
17. Deep processing of collagen-rich poultry products for different use / V.I. Fisinin et all // *Agricultural and Food Sciences*. – 2017. – Vol. 52, № 6. – P. 1105-1115.
18. Chen P. Shrinking mechanism of a porous collagen matrix immersed in solution / P. Chen, H. Hsieh, L. Huang // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 2014. – Vol. 102. – P. 4581-4589.

### References

1. Collagen and gelatin: Structure, properties, and applications in food industry / M.I. Ahmad et. all // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2024. – Vol. 254, Pt 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128037>. (In English).
2. Collagen and its derivatives: From structure and properties to their applications in food industry / C. Tang et. all // *Food Hydrocolloids*. – 2022. – Vol. 131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107748>. (In English).
3. Perspektivy primeneniya kollagena v pishchevoi promyshlennosti / A.T. Kazhymurat i dr. // *Sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sel'skokhozyaistvennyye nauki i agropromyshlennyyi kompleks na rubezhe vekoV»*, g. Novosibirsk, 13 yanvarya – 22 fevralya 2017 goda. – S.7-14. (In Russian).
4. Zharinov A.I. Belkovye dobavki: Osobennosti sostava, svoystv i ispol'zovaniya pri proizvodstve myasnoi produktsii / A.I. Zharinov, O.V. Kuznetsova, V.V. Nosonova // *Myasnaya industriya*. – 2021. – № 5. – S. 24-29. (In Russian).
5. Collagen in food and beverage idustries / P. Hashim et. all // *International Food Research Journal*. – 2015. – № 22(1). – R.1-8. (In English).
6. Poultry spent wastes: an emerging trend in collagen mining / R. Radhakrishnan et. all // *Advances in Tissua Engineering & Regenerative Medicine*. – 2020. – Vol. 6, № 2. – R. 26-35. (In English).
7. Ginzburg M.A. Vliyanie vida kollagena na strukturno-mekhanicheskie svoystva smetannykh produktov / M.A. Ginzburg, N.I. Dunchenko // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2023. – № 4 – S. 25-27. (In Russian).
8. Musina O.N. Vliyanie kollagena na strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki plavlenogo syra / O.N. Musina, E.M. Nagornykh // *Polzunovskii vestnik*. – 2023. – № 2. – S. 112-118. (In Russian).
9. Effect of Collacen Types, Bacterial Strains and Storage Duration on the Quality of Probiotic Fermented Sheep's Milk / K. Szopa et all // *Molecules*. – 2022. – № 27(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27093028>. (In English).
10. Znamirowska A. Probiotic Fermented Milk with Collagen / A. Znamirowska, K. Szajnar, M. Pawlos // *Dairy*. – 2020. – № 1(2). – R. 126-134. (In English).
11. Zobkova Z.S. Biotestirovanie kak indikator izucheniya sinergeticheskogo ehffekta v proizvodstve tvorozhnykh produktov s kollagenom / Z.S. Zobkova // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2023. – № 2. – S. 22-25. (In Russian).
12. Zilova I.S. Belkovye komponenty v spetsializirovannykh pishchevykh produktakh dlya pitaniya sportsmenov / I.S. Zilova // *Voprosy pitaniya*. – 2014. – T. 83, № 53. – S.133. (In Russian).
13. Alonso M.R. Evolution of the use of sports supplements / M.R. Alonso, B. Fernandez-Garcia // *PharmaNutrition*. – 2020. – Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2020.100239>. (In English).
14. Optimization of collagen extraction from chicken feet by papain hydrolysis and synthesis of chicken feet collagen based biopolymeric fibres / D. Dhakal et all // *Food Bioscience*. – 2018. – Vol. 23. – R. 23-30. (In English).
15. Characterization of hydrolysates of collagen from mechanically separated chicken meat residue / M.M. Schmodti et. all // *Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 40. – R. 355-362. (In English).
16. Kiyak B.D. Advanced technologies for the collacen extraction from food waste / B.D. Kiyak, N. Cinkir, Y. Celebi // *A review on recent progress*. – 2024. – Vol. 201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110404>. (In English).
17. Deep processing of collagen-rich poultry products for different use / V.I. Fisinin et all // *Agricultural and Food Sciences*. – 2017. – Vol. 52, № 6. – R. 1105-1115. (In English).

18. Chen P. Shrinking mechanism of a porous collagen matrix immersed in solution / P. Chen, H. Hsieh, L. Huang // Journal of Biomedical Materials Research. – 2014. – Vol. 102. – R. 4581-4589. (In English).

### **Информация о финансировании**

*Статья подготовлена в рамках научного проекта грантового финансирования ИРН АР19679638 «Научно-практические основы применения коллагенсодержащего концентрата в производстве специализированных творожных продуктов для питания спортсменов».*

**Е.С. Жарыкбасов<sup>2</sup>, А.К. Какимов<sup>2</sup>, К.С. Жарыкбасова<sup>1\*</sup>, Ж.Х. Какимова<sup>2</sup>, Г.Н. Раимханова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Alikhan Bokeikhan University

071400, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Мәңгілік Ел көшесі, 11

<sup>2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А

\*e-mail: klara\_zharykbasova@mail.ru

### **ҚҰРАМЫНДА КОЛЛАГЕНІ БАР КОНЦЕНТРАТ ДОЗАЛАРЫНЫҢ СҮЗБЕ ӨНІМІНІҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

*Мақалада коллаген немесе құрамында коллаген бар өнімді қолдана отырып, функционалды сүт өнімдерінің технологияларын жасауға бағытталған зерттеулерге теориялық талдау жасалды. Бұл зерттеулердің өзектілігі денсаулықты жақсартуға және түрлі аурулардың алдын алуға ықпал ететін функционалды тағамдарға деген қызығушылықтың артуымен расталады. Коллаген инновациялық ингредиент ретінде, сүт өнімдерінің құрылымын, консистенциясын және биологиялық құндылығын жақсартуға қабілетті. Жүргізілген эксперименттік зерттеулер негізінде құрғақ коллаген бар концентраттың микроқұрылымы анықталды. Есептеулер нәтижесінде құрғақ коллагенді концентраттың ұсақ тесіктерінің орташа мөлшері 12,5 мкм болатындығы анықталды, бұл сүзбе өнімінің ылғал ұстау қабілетінің жоғарылауына әсер етеді. Құрамында құрғақ коллаген бар концентрат дозасының жоғарылауымен (1-ден 13%-ға дейін) майсыз сүзбе өнімінің ылғал сақтау қабілетінің жоғарылайтыны анықталды. Майсыз сүзбе өнімінің консистенциясын бағалау үшін баллдық шкала жасалды. Ең жоғары баллдық баға құрамында 1-ден 5%-ға дейін құрғақ коллаген қосылған концентраты бар жұмсақ сүзбе өнімінде байқалды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде сүзбе өнімінің рецептурасы мен технологиясын әзірлеу үшін құрамында коллагені бар құрғақ концентраттың (5 %) оңтайлы дозасы анықталды.*

**Түйін сөздер:** сүзбе өнімі, құрамында коллаген бар концентрат, ылғал ұстау қабілеті, консистенция.

**E.S. Zharykbasov<sup>2</sup>, A.K. Kakimov<sup>2</sup>, K.S. Zharykbasova<sup>1\*</sup>, Zh.Kh. Kakimova<sup>2</sup>, G.N. Raimkhanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Alikhan Bokeikhan University

071400, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Mangilik El, 11

<sup>2</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A

\*e-mail: klara\_zharykbasova@mail.ru

### **RESEARCH ON THE INFLUENCE OF COLLAGEN-CONTAINING CONCENTRATE DOSES ON THE QUALITY INDICATORS OF COTTAGE CHEESE PRODUCT**

*The article presents a theoretical analysis of scientific research aimed at developing technologies for functional dairy products using collagen or collagen-containing products. The relevance of this research is confirmed by the growing interest in functional foods that contribute to health improvement and disease prevention. Collagen, as an innovative ingredient, has the ability to improve the texture, consistency, and biological value of dairy products. Based on experimental studies, the microstructure of the obtained dry collagen-containing concentrate was determined. Calculations revealed that the average pore size of the dry collagen-containing concentrate is 12,5 μm, which affects the moisture-retaining capacity of the cottage cheese product. It was found that with the increase in the dose of the added dry collagen-containing concentrate (from 1% to 13%), the moisture-retaining capacity of the low-fat cottage cheese product increases. A scoring scale was developed to evaluate the consistency of the low-fat cottage cheese product. The highest score was noted in the low-fat cottage cheese product containing 1% to 5% dry collagen-containing concentrate. As a result of the research, the optimal dose of the dry collagen-containing concentrate (5%) was established for the development of the recipe and technology of the cottage cheese product.*

**Key words:** cottage cheese product, collagen-containing concentrate, moisture-retaining capacity, consistency.

#### Сведения об авторах

**Ерлан Сауықович Жарықбасов** – кандидат технических наук кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9707-0539.

**Айтбек Калиевич Какимов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Клара Сауықовна Жарықбасова\*** – доктор технических наук, ассоциированный профессор; Alikhan Bokeikhan University, Республика Казахстан; e-mail: klara\_zharykbassova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2027-3183. **Какимова Жайнагуль Хасеновна** – ассоциированный профессор, кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Биотехнология» Университета имени Шакарима города Семей, Казахстан

**Жайнагуль Хасеновна Какимова** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3501-3042.

**Гүлдана Нұрланқызы Раимханова** – докторант кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Na19681968ae@mail.ru

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Ерлан Сауықович Жарықбасов** – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының техника ғылымдарының кандидаты; Семей қаласы Шәкәрім атындағы Университет, Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9707-0539.

**Айтбек Калиевич Какимов** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдық және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Клара Сауықовна Жарықбасова\*** – техника ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор; Alikhan Bokeikhan University, Қазақстан Республикасы; e-mail: klara\_zharykbassova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2027-3183.

**Жайнагуль Хасеновна Какимова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3501-3042.

**Гүлдана Нұрланқызы Раимханова** – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Na19681968ae@mail.ru

#### Information about the authors

**Yerlan Sauykovich Zharykbassov** – Candidate of Technical Sciences, Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9707-0539.

**Aitbek Kalievich Kakimov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

**Klara Sauykovna Zharykbassova\*** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Alikhan Bokeikhan University, Republic of Kazakhstan; e-mail: klara\_zharykbassova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2027-3183.

**Zhainagul Khassenovna Kakimova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3501-3042.

**Guldana Nurlankyzy Raimkhanova** – doctoral student of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Na19681968ae@mail.ru.

*Поступила в редакцию 25.05.2024  
Поступила после доработки 15.06.2024  
Принята к публикации 17.06.2024*

**А.Е. Муратбекова<sup>1\*</sup>, М.Х. Нармуратова<sup>2</sup>, С. Жадыра<sup>1</sup>, М.А. Сыдыканова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті,  
040000, Қазақстан Республикасы, Талдықорған қаласы, Жансүгіров көшесі, 187а

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: ayaulym-muratbekova@mail.ru

## **ФЕРМЕНТТЕЛГЕН ТҮЙЕ СҮТІ АҚУЫЗДАРЫНЫҢ ҚОРҒАНЫШ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа:** Бұл мақалада Алматы облысы, Іле ауданының жеке кәсіпкерлері өндіретін «түйе сүтінің» физика-химиялық, сонымен қатар ферменттелген түйе сүті ақуыздарының микробиологиялық қауіпсіздік көрсеткіштері және оның сиыр сүті құрамымен салыстыру көрсеткіштерінің нәтижелері келтірілген.

Зерттеудің негізгі мақсаты – ферменттелген түйе сүті ақуыздарының қорғаныш әсерін, құндылығын зерттеу.

Түйе сүтінің биохимиялық құндылығын және сапасын, қауіпсіздігін зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Себебі қазіргі таңда экологиялық жүйенің нашарлауына байланысты адам денсаулығын нығайтуда шипа ретінде сүт өнімдерінің, әсіресе түйе сүтінің атқарар рөлі зор. Түйе сүті құрамындағы альбумин немесе сарысу ақуызы әлдеқайда ағзаға жақсы сіңеді және емдік қасиетіне қарай үлкен сұранысқа ие болып саналады.

Осыған орай, бұл зерттеу жұмысында түйе сүтіне физика-химиялық және микробиологиялық тексерулер жүргізілді. Яғни, түйе сүтінің құндылығын зерттеу барысында оның физика-химиялық көрсеткіштері (тығыздығы, қышқылдығы, жалпы ақуыздың, майдың, лактоза мен С дәруменінің мөлшерлері) анықталды.

Сүттің Тернер бойынша қышқылдығын анықтау – титриметрия әдісімен, тығыздығы – Ареометриялық әдіспен, ақуыз мөлшері NaOH ерітіндісімен титрлеу арқылы, лактоза мөлшерін анықтау – рефрактометрлік әдісімен, С дәруменінің мөлшерін анықтау – оксидоредуктазалық және титрлеу әдісімен жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері бойынша сүт үлгісіндегі ақуыздың, майдың, лактозаның, майсызданған құрғақ зат мөлшерлерінің көрсеткіштері түйе сүтінің физиологиялық тәуелділік қажеттіліктерін қанағаттандыратынын көрсетті. Бұл болашақта тағамдық құндылығы жоғары жаңа сүт өнімдерін алуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, осы зерттеу жұмысын жүргізу арқылы түйе сүтінің сарысу белоктары ішіндегі микробиологиялық тұрғыдан пайдалы белоктардың қасиеттерін (SDS-PAGE, хроматография әдістері арқылы) зерттеуге және сарысу белогы гидролизаттарының антимикробтық қасиетін (Лунка әдісі арқылы) зерттеуге мүмкіншілік туды.

Бұл қасиеттерді зерттеу барысында түйе сүті сарысу белогы гидролизаттарының антимикробтық қасиетін анықтаудағы тест нәтижесінде гидролизаттар *E.coli* патогенді микроорганизмінің өсуін тежейтіндігі айқындалды.

Алынған зерттеу нәтижелері болашақта аса маңызды экологиялық таза өнім алу мен адам денсаулығына әсерін бағалауда өз нәтижесін көрсетері анық.

**Түйін сөздер:** түйе сүті, ақуыз, сарысу белогы гидролизаттары, қорғаныш әсері, антимикробтық белсенділік.

### **Кіріспе**

Қазіргі таңда экологиялық жүйенің нашарлауына байланысты сүт өнімдерінің адам ағзасына тигізер пайдасы өте зор. Бұл оларда аса маңызды дәрумендер мен микро және макроэлементтердің болуына, сонымен қатар денсаулықты нығайтуға үлес қосатын ерекше ақуыздардың болуына байланысты болып табылады. Түйе сүті және оның өнімінің емдік қасиеттері өте жоғары, яғни қан аздықта, жүйке жасушаларын қалыпқа келтіруде, иммундық жүйені көтеруде, асқазан – ішек жолдарының ауруларында, өкпе ауруларында және қатерлі ісік ауруы жасушаларының бөлінуін тежейтін емдік қасиеттері бар. Ғалымдардың зерттеуі бойынша түйе сүтінің емдік қасиетке ие болуы сүттің құрамындағы иммуноглобулиндердің қызметіне байланысты деген болжам бар. Оның құрамында жалпы пайдалы қасиеттерге ие

жаңа пептидтер мен ақуыздар анықталды. Әсіресе антимикробтық факторларды құрайтын сарысу белоктары: лактоферрин, лизоцим, иммуноглобулиндер т.б. бөліп алу, олардың қасиеттерін медицинада қолдану өте маңызды болып табылады [1].

Сүттегі ең бағалы зат – ақуыз. Сүттегі ақуыздарды казеин кешені мен сарысу ақуыздары деп негізгі екі үлкен топқа жіктейді. Бұл ақуыздардың атқаратын биологиялық қызметі әр түрлі. Сонымен қатар сүт ақуыздарына липотропты қасиет тән, яғни олар майдың алмасу қызметін, тепе – теңдіктің болуын және өзге ақуыздардың сіңірілуін реттеп, жоғарылатады [1, 2].

Түйе сүті әлемнің құрғақ жерлерінде тұратын адамдар үшін ақуыздың маңызды көзі болып табылады. Сонымен қатар, түйе сүтінің емдік қасиеттері белгілі, олар кеңестен кейінгі және дамушы елдерде адамның денсаулығын сақтауда кеңінен қолданылады. В-казеиннің төмен мөлшерімен және β-лакоглобулиннің болмауымен түйе сүтінің гипоаллергенді әсері байланысты. Бұл қасиеттерді анықтауда лактоферрин, иммуноглобулиндер, лизоцим және С дәрумені сияқты басқа компоненттер орталық рөл атқаратыны хабарланды [3].

Түйе сүтінің басқа сүттерден негізгі ерекшелігі оның құрамында май қышқылының аз болуында. Ақуыздар лизоцимдер мен лактоферриндерге бай. Оның құрамында микроэлементтер мен кейбір микроминералдардың, жалпы тұздарының, қорғаныш қасиетін көрсетуші ақуыздардың және дәрумендер арасында С дәруменінің жоғары пайыздары бар. Сонымен қатар түйе сүтінің жоғары тұрақтылық рН мәні 6,8-де жоғары екендігі анықталған және басқа сүт түрлеріне қарағанда салыстырмалы түрде баяу ашытылады [4]. Әдеби деректерге сүйенсек, ақуыздар мен майлардың мөлшері сәйкесінше 2,5-4% және 1,1-4,6% аралығында болады. Жеке ақпарат көздеріне сәйкес, түйе сүтіндегі С витаминінің мөлшері сиырға қарағанда 2-ден 10 есеге дейін жоғары (25-60 мг/л). Түйе сүтіндегі С витаминінің мөлшері түйені өсіру аймағына, сондай-ақ жемшөптегі С витаминінің құрамына тікелей байланысты. Зерттеу жұмысының нәтижелері әдеби деректерге сәйкес келді [5].

Бұл жұмыстың мақсаты – физика-химиялық және микробиологиялық сипаттамалары бойынша Алматы облысы, Іле ауданының жеке кәсіпкерлері өндіретін ферменттелген «түйе сүті» ақуыздарының қорғаныш әсерін, құндылығын зерттеу.

### **Зерттеу әдістері мен материалдары**

Зерттеу нысаны ретінде Алматы облысы, Іле ауданының түйе сүті қолданылды. Сүттің қасиетін анықтау үшін алдымен физика-химиялық талдаулар жүргізілді.

*Белсенді қышқылдылықты анықтау.* Белсенді қышқылдықты негізінен рН өлшегіш немесе индикатор сынақтары арқылы анықтайды. Біздің жағдайда сынақтарды қолдану арқылы талдау үшін көлемі 100 мл сүт үлгісіне рН-метр аппаратының электродын батыру арқылы анықтадық [12].

*Сонымен қатар титрлік қышқылдығы* МЕМСТ 3624-92 бойынша анықталды [13]. Бұл әдіс сүт үлгісін фенолфталеин индикаторының қатысында NaOH – мен титрлеуге негізделген. Сүт үлгісіне тазартылған су және 3 тамшы 1% фенолфталеин ерітіндісін қосу арқылы, қоспаны араластырып және 0,1 н натрий гидроксиді ерітіндісімен 1 минут ішінде жоғалмайтын әлсіз қызғылт түс пайда болғанша титрленді. Талдау нәтижесі титрлеуге кеткен сілтінің мөлшерін онға көбейту арқылы алынды. Осы титрлеуге кеткен көлемді пайдаланып, сүттің Тернер бойынша қышқылдылығын негізгі теңдеу (1) бойынша анықталды:

$$T = V(\text{NaOH}) \times 10 \quad (1)$$

мұндағы, T – Тернер көрсеткіші;

V – титрлеуге кеткен көлем;

10 – коэффициент;

Жұмысты үш рет қайталама жасау арқылы орташа мәні табылды және содан кейін жоғарыда келтірілген теңдеуге салып есептеу жұмысы жүргізілді.

*Түйе сүті құрамындағы қанттың мөлшерін рефрактометрлік әдіспен анықтау.* Бірінші кезеңде ең алдымен рефрактометрмен тазартылған судың сыну көрсеткіші анықталды. Рефрактометрдің призмасына балқытылған таяқшамен 2-3 тамшы тазартылған су жағу арқылы шкала бойынша сыну көрсеткішін анықтадық. Оның кестелік мәні  $PV = 1,333-$

ге тең. Одан кейін рефрактометрдің көрсеткіштеріне түзетуді анықтадық және ерітіндінің сыну көрсеткіштері бойынша зат концентрациясы есептелінді. Концентрацияны есептеу калибрлеу кестесі бойынша, рефрактометриялық фактор бойынша және қоспалар әдісі бойынша жүзеге асырылды [6].

*Түйе сүтінің құрамындағы С витамині мөлшерін анықтау.* Сүттің құрамындағы С витаминінің мөлшері оксидо-редуктазалық әдіспен 2,6-ДХФИФ (дихлорфенолиндафенол)-мен титрлеу әдісі арқылы анықталды [14]. Қолданылған негізгі реагенттер: 50 мл сүт, 4 мл қаныққан  $C_2H_6O_6$  ертіндісі және 10 мл қаныққан NaCl ертіндісі қолданылды.

Жоғарыда аталған реагенттердің барлығы араластырылып, фильтрленді. Филтраттың 25 мл-ін 2,6 дихлорфенолиндафенол ертіндісімен микробюретка арқылы ақшыл-қызғылт түске дейін титрленді. С витаминінің мөлшері 2-ші теңдеу бойынша есептелді, [мг/л]: 1 мл 0,001 н бояу ерітіндісі = 0,088 мг аскорбин қышқылы сәйкес келеді.

$$C_{\text{витами́н}} = V_{\text{бояу}} \cdot T_{\text{бояу}} \cdot 0,088 \cdot 2 \cdot \text{титр қателігі} \quad (2)$$

*Казеин және сарысу белоктарын бөліп алу.* Казеинді бөліп алу үшін түйе сүтінен майды центрифугалау арқылы бөліп алдық. Майсыздандырылған сүтке аздап қышқыл ерітіндісін тамшылатып қосу арқылы рН мәні 4,2 жеткенге дейін қосылды. Сүт сарысуы рН мәні төмендеуі нәтижесінде сүттің ұюынан кейін (яғни, сүт ақуызы – казеин) бөлінеді. Казеин белоктарын толық тұнбаға түсіру үшін бірнеше қайталама центрифугаланды.

*Түйе сүтінің казеин мөлшерін анықтау.* Казеин мөлшерін анықтау үшін ең алдымен 20 мл сүтке 80 мл дистилденген су құйып және оны күкірт қышқылымен казеин тұнбаға түскенге дейін титрледік. Титрлеп болғаннан кейін 3-5 минуттан кейін казеинді фильтр қағазына салып сүздік. Алынған филтратты 100 мл болатын колбаға ауыстырып, үстіне 3-5 тамшы 1% фенолфталеин ерітіндісін тамызып, натрий гидроксидімен 30 сек.-қа дейін әлсіз қызғылт түс кетпейтіндей болғанша титрледік. Әрі қарай 20 мл сүтке 80 мл дистилденген су құйып, бірінші титрлеуге кеткен мөлшердегі күкірт қышқылымен титрленді. Оның үстіне 3-5 тамшы 1% фенолфталеин ерітіндісін тамызып, колбадағы ерітінді натрий гидроксидімен титрленді.

$$X = \frac{(100 - V_2) \cdot V_1}{50} \text{ (см}^3\text{)} \quad (3)$$

Мұндағы, X – титрлеу үшін қолданылатын натрий гидроксидінің көлемі,

V – казеин тұндыру үшін қолданылатын күкірт қышқылының ерітіндісі, өлшемі  $\text{см}^3$ ;

$V_1$  – натрий гидроксиді ерітіндісінің мөлшері 100  $\text{см}^3$  филтратты титрлеу үшін қолданылады,  $\text{см}^3$ ;

100 – бастапқы ерітінді көлемі;

Казеиннің массалық үлесі K (% бойынша) жалпы формула бойынша есептелінді:

$$K = \frac{(V_2 - X) \cdot 0,1131 \cdot 100}{m} = (V_2 - X) \cdot 0,5655 \quad (4)$$

Мұндағы,  $V_2$  – жұмыстың екінші кезеңінде титрлеуде қолданылатын натрий гидроксиді ерітіндісінің көлемі,  $\text{см}^3$ ;

X – бірінші кезеңде титрлеу үшін қолданылатын натрий гидроксиді ерітіндісінің есептелген көлемі,  $\text{см}^3$ ;

0,1131 – 1  $\text{см}^3$  натрий гидроксиді ерітіндісіне сәйкес келетін 0,1 моль /  $\text{дм}^3$ , г. концентрациясы бар казеин массасы;

m – тексеруге алынған сүт мөлшері,  $\text{см}^3$  ( $m = 20 \text{ см}^3$ );

*Сарысу құрамындағы белоктарды электрофорез әдісімен анықтау.* Бұл әдіс полиакриламидті гельде жүргізілді. Электрофорезді жүргізуге қолданылған ерітінділер: 1 М Трис-HCl, рН 6,8; 30%-ды бис-акриламид ерітіндісі; 10%-ды SDS ерітіндісі; 10%-ды аммоний персульфат ерітіндісі (APS); сонымен қатар акриламид, тетраметилэтилендиамин (TEMED), глицин, 70% этанол, молекулалық масса маркері (электрофорезге арналған ақуыз стандарттары). Берілген рН бар tris буферлерін дайындағанда, алдымен тұзды еріту процесі жүргізілді, одан кейін суды құйып, HCl бірте-бірте қосу арқылы рН мәнін қажетті мәнге реттеп алдық, рН өлшеуіш көмегімен рН өзгерістерін бақыладық.

*Сүт сарысу белоктарын ферментпен өңдеу.* Трипсин ферментін қолдана отырып түйе сүтінің сарысу белоктарына гидролиз процесі жүргізілді. Сарысу белоктарын гидролиздеу үшін рН мәні 6,5-7,0 аралығында белсенді болғандықтан, рН мәні сілті көмегімен келтірілді. Сарысу белоктарын гидролиздеу үшін трипсин ферментінің 1.0%-дық ерітіндісі қолданылды. Ферментті сарысуға қосар алдында трипсин мен сарысу белоктары 37°C термостатта инкубацияланды. Осы процесстен кейін ферментті сарысуға қостық. Әрбір 15 минуттық ара қашықтықта ерітіндіні алып, тоңазытқышқа сақтап қойылды. Гидролиз процесін 100°C су моншасында қайнату арқылы тоқтатылды.

*Антимикробтық белсенділігін анықтау.* Антимикробтық белсенділігін анықтау барысында ең алдымен сүт белоктары мен белок гидролизаттарын бөліп алу процесі жүргізілді. Зерттеу жұмысында, белок гидролизаттарын *E.coli* патогенді микроорганизмінің өсуіне әсері зерттелді. Түйе сүті белоктары гидролизаттарын *E.coli* патогенді микроорганизмінің антимикробтық белсенділігін анықтауда «Лунка» әдісі және ЕПА қоректік ортасы қолданылды. Жұмыс барысы патогенді микроорганизм штамы ЕПА қоректік ортасына егіліп, түйе сүтінен бөлініп алынған белок гидролизаттары яғни, сарысу және казеин, диаметрі 6-8 мм болатын арнайы лункаларға құю арқылы жүргізілді (сонымен қатар, термостатта 37°C-қа қойылды).

### Нәтижелер мен талқылаулар

Түйе сүтінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеудегі нәтижелері төмендегі кестеде келтірілді (кесте 1).

Кесте 1 – Түйе сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	Түйе сүті (n-3)
1	pH	6,5±0,5
2	Тығыздық (А°)	31,08±0,02
3	Қышқылдығы (Т°)	7,3 ±0,1
4	Майлылығы (%)	1,56±0,04
5	Майсызданған құрғақ зат (%)	7,2±0,4
6	Жалпы белок (%)	2,41±0,04
7	Лактоза (%)	6,5±0,03
8	Витамин С (мг/мл)	91,3 ±0,02

Сүттің тығыздығын ареометр приборының көмегімен анықталды [10]. Ареометрдің көрсеткен шамасы 1.0279-ға тең. Нәтижесінде сүттің тығыздығы 31,08°А тең болды. Сүттің алынған үлгісіндегі майлылығы МЕМСТ 5867-90 бойынша анықталды [11].

Сыну көрсеткіші бойынша арнайы стандартты кестеден сүттегі қанттың массалық үлесін анықтадық. Жалпы сыну көрсеткіші шкала бойынша өлшенді [7]. Сыну көрсеткішін арнайы дәлдік бойынша қарастырдық (0,0001). Нәтижесінде, лактозаның массалық үлесі 6,5% - ға тең болды.

*Түйе сүтінің жалпы белоктарының құрғақ массасын анықтау бойынша алынған мәліметтер.* Түйе сүтінің 2 литрдегі ақуыздарының құрғақ салмағын өлшеуе орта есеппен 18.7 г құрғақ казеин және 6,9 г құрғақ сарысу ақуызы алынды (сур. 1). Әдебиеттерде берілген мәліметтер мен зерттеу нәтижелері бойынша казеин мен сарысу ақуыздарының мәндерінде әлдеқайда айырмашылық бар екендігін көрсетті. Яғни, әдебиеттерде келтірілген мәліметте казеиннің салмағы 20.6-29.6 г/л-ға дейін болатындығы, ал сарысу ақуыздарының массалық үлесі 3.5-13.0 г/л-ға дейін болатындығы келтірілген [8-9].

Зерттеу нәтижесінде алынған таза казеиндердің массасы әдеби мәліметтермен салыстыру барысында төмен екендігі анықталды, ал сарысу ақуыздарының массасы әдебиет көздерінде берілген мәліметтермен сәйкес келетіндігі белгілі болды [4,15]. Бірақ бұл зерттеу нәтижелері [16] әдебиет көзінде көрсетілген бір өркешті түйе түріне жүргізілген зерттеу жұмысындағы деректерге жақын келетіндігі анықталды.

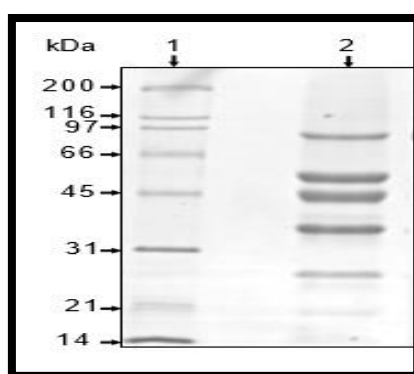
Түйе сүтіндегі сарысу ақуызы фракциясының тазалығы мен біртектілігін анықтау және сарысу белоктарын сипаттау үшін SDS-PAGE әдісі жүргізілді. Сарысу белоктарының



молекулалық массасы 14000 Да, 30 000 Да және 65 000 Да тең болды, олар  $\alpha$ -лактальбумин, иммуноглобулин сарысулық альбумин, лактоферрин және т.б. (сур. 2).



Сурет 1 – Ақуыздардың құрғақ салмағы бойынша алынған нәтижелер



Сурет 2 – Түйе сүті сарысу белоктарына SDS-PAGE электрофорез әдісі көмегімен алынған нәтижелер: 1-стандартты маркер; 2-түйе сүтінің сарысу ақуызы

Зерттеу нәтижелері (сур. 2) сарысу белогында  $\alpha$ -лактальбуминнің молекулалық салмағы 14 кДа, ал иммуноглобулин мен сарысулық альбуминнің молекулалық массасы сәйкесінше 28 кДа және 65 кДа болатындығын көрсетті. Лактоферриннің молекулалық массасы 78 кДа. Сонымен қатар, бұл жолдарда ақуыз диапазондары айқын молекулалық салмағы (кДа) байқалды, олар сарысулық ақуыз ретінде анықталды. Бұл нәтижелер басқа алдын алынған әдебиет көздерінде келтірілген нәтижелермен салыстырылды [10]. Жүргізілген электрофорезден кейін бөлініп алынған сарысу протеиндерінің дұрыс бөлініп алынғанына көз жеткізілді.

Сонымен қатар, түйе сүтінің сарысу ақуыздарының фракциялық құрамы сиыр сүтімен салыстырылды (кесте 2).

Кесте 2 – Түйе сүтінің сарысу ақуыздарының фракциялық құрамы

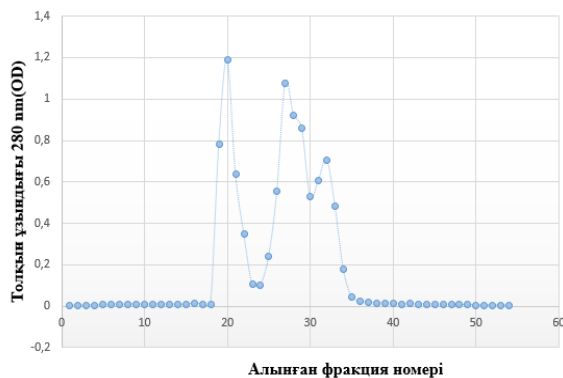
Түр	Казеин	Ақуыз фракциясы, сарысу ақуыздарының жалпы құрамына %		
		$\beta$ -лактоглобулин	$\alpha$ -лактальбумин	Иммуноглобулин
Түйе сүті	68	18,4	47,3	9,8
Сиыр сүті	75	35,8	15,9	12,9

Зерттеу нәтижесі (кесте 2) түйе сүті ақуыздарының  $\alpha$ -лактоальбумин фракциясы сиыр сүтінің сарысулық ақуыздарының мөлшерінен жоғары екендігін көрсетті. Нәтижесінде түйе сүті сүттің альбумин түріне жатады және адам ағзасына жақсы сіңеді деген қорытынды жасауға болады. Казеин, сарысу ақуыздарының арақатынасы сүт ұйығышының құрылымдық механикалық қасиеттеріне байланысты.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, түйе сүтіндегі сарысу ақуыздарының жоғары мөлшері оның тағамдық құндылығын арттырып, оны ашытылған сүт сусындарын өндіру үшін оңтайлы шикізатқа айналдыратынын атап өтуге болады.

*Түйе сүтінің сарысу белоктарын бөліп алу және тазарту.* Хроматография әдісі алуан түрлі қосылыстардың түрлі фазалар арасында әртүрлі дәрежеде таралуына негізделген, яғни заттың құрамдас бөліктері әртүрлі фазалар арасында өздігінше орналасады [17].

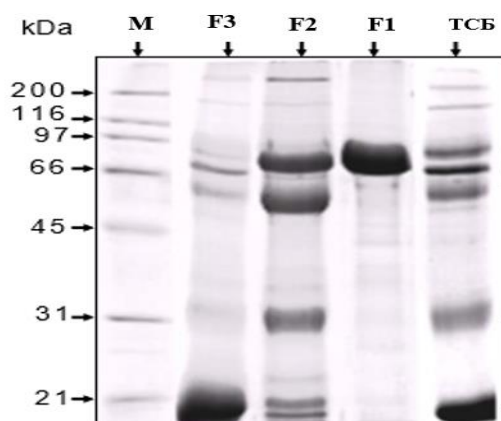
Зерттеу жұмысында ақуыздарды бөліп алу және тазарту жолдарын қарастыруда молекулалық – елек түріндегі хроматография әдісін қолдану арқылы алынған нәтижелері (сур.3) көрсетілген.



Сурет 3 – Сефадекс G-100 қолдану арқылы түйе сарысу белоктарын тазарту

Сарысу белоктарын бөліп алу үшін қолданылған бағаналы гель-филтрация әдісі арқылы: біріншіден, молекулалық салмағы мен көлеміне байланысты белокты бөліп алу, жіктеу; екіншіден, зерттеу үлгісін стандарттық немесе арнайы үлгілердің жиынтығымен салыстыру арқылы зерттелетін құрылымның молекулалық салмағын бағалау жұмыстары жүргізілді. Мұнда қолданылған Sephadex G-100 гелі белгілі бір молекулалық диапазон аралығындағы молекулалық салмақ қабілетіне ие. Sephadex G-100 қолдану арқылы түйе сарысу белоктарын тазарту жүргізілді. Шыны бағанға 0,01 М натрий фосфатты буферінде (рН 6,8) ерітілген ақуыз жүктелді.

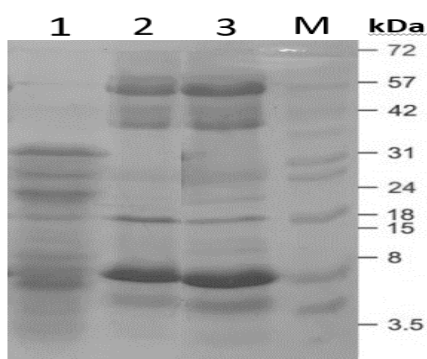
Зерттеудің келесі сатысында, яғни бағаналы гель-филтрациямен бөлініп алынған фракцияларды анықтау үшін гель-электрофорез қолданылды. SDS-PAGE тәсілі барысында үлгіні гелге енгізуден бұрын детергенттің көмегімен өңделді (сур. 4). Макромолекулалардың заряды, пішіні және көлемі әртүрлі болуына байланысты, олардың қозғалғыштық қабілеті де әртүрлі болады.



Сурет 4 – Гель-филтрациядан алынған фракцияларды SDS-PAGE әдісімен сарысу белоктарының анықталуы (М – стандартты маркер; F1, F2, F3 – гель филтрациядан өткізілгеннен кейінгі фракциялар; ТСБ – түйенің сарысу белогы)

Гельдегі бөліп алынған белоктың орналасқан жерін анықтау мақсатында гельдегі ақуыздарды көгілдір Кумассидің көмегімен боялды. Гельдегі боялған жолақтар іздеп отырған сарысу ақуыздарын көрсетті. Бірінші, екінші және үшінші пик нүктелерінен алынған фракцияларды SDS-PAGE әдісімен тексеріп қараған кезде, сур. 4 көрініп тұрғандай F1 фракциясындағы ақуызды таза түрінде бөліп алуға болатындығы айқындалды. F1 фракциясына 19-21 нүктелерден алынған белок ерітіндісі таза түрінде бөлінетіндігі анықталды. F1 фракциясындағы ақуыз стандартты маркермен салыстырып қарайтын болсақ, лактоферрин белогы массасына жақын болды. Себебі, гельдегі боялған жолақ стандартты маркердің молекулалық массасына сәйкес келді, яғни молекулалық массасы лактоферрин белогы 76 кДа болатындығы анықталды. Сонымен қатар, Sephadex-100 G гелі 4000-100 000 Да белок массасына негізделген.

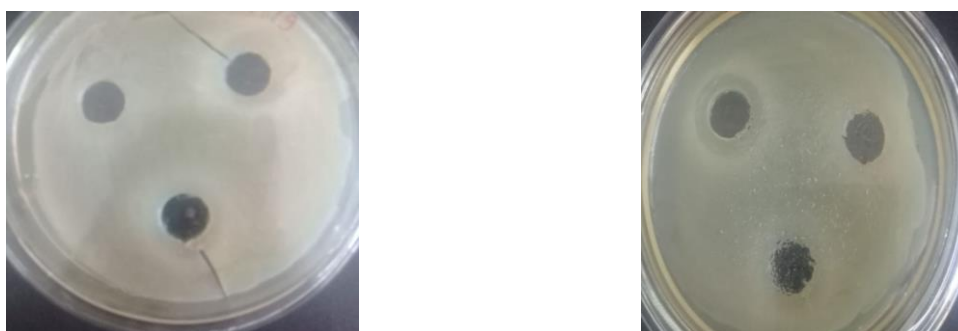
Сарысу белоктарын трипсин ферментімен өндегеннен кейін SDS-PAGE әдісімен анықтау жүргізілді (сур. 5).



Сурет 5 – Трипсин ферментімен өңделген сарысу пептидтерінің 15 % SDS-PAGE көрінісі: 1) 90 минут; 2) 60 минут; 3) 30 минут

Сарысу белоктарын трипсин ферментімен өндегеннен кейінгі пептидтер адамның әртүрлі метаболикалық және физиологиялық функцияларына ие, оңай қорытылады және сіңеді, иммунитетті көтереді, бактерияға қарсы және вирусқа қарсы белсенділікті көрсетеді, қан қысымы мен қандағы липидтердің деңгейін төмендетеді [18]. Сонымен қатар, бұл тағам өнімдерінің қауіпсіздігі өте жоғары, бұл халықаралық тағам өнеркәсібіндегі ең танымал зерттеу тақырыбы және перспективалық функционалдық фактор болып табылады.

Түйе сүті сарысу ақуыздары гидролизаттарының антимикробтық қасиетін анықтауда сур. 6 көрініп тұрғандай, *E.coli* штамының өсуіне бақылауға қарағанда сарысудың гидролизаттары айтарлықтай әсер етті.



Сурет 6 – Түйе сүті сарысу белогы гидролизаттарының антимикробтық қасиетін анықтаудағы *E.coli* бактерия штамына жасалынған тест

Антимикробтық белсенділікті анықтаудағы негізгі нәтижелер 4 уақыт аралығы бойынша салыстырылды. Яғни, тежеу аймағы пепсинмен 30 минуттан кейін 10,5 мм±0,03, 60 минуттан кейін 12,4 мм±0,02, 120 минуттан кейін 43,5 мм±0,04, сонымен қатар келесі 150 минутта 24,3 мм±0,05 болды.

Нәтижеде көрсетілгендей, сарысу белогы гидролизаттары үлгілер максималды ингибирлеу белсенділігін 120 мин-та анықтады. Яғни, зерттеулерге сәйкес, түйе сарысуының бактерияға қарсы белсенділігі оның ақуыз құрамына байланысты. Оның құрамында лактоферрин, лизоцим, иммуноглобулиндер бар. Нәтижесінде гидролизаттар бақылау нұсқасымен салыстырғанда *E.coli* жасушаларының өсуін тежейтіндігі айқындалды. Осы кезеңнен кейін ортадағы қалдық микрофлора бақылау топтарына қарағанда баяу өсті.

#### **Қорытынды**

Ферменттелген түйе сүті белоктарының қорғаныш әсерін зерттеу жұмысының нәтижелері көрсеткендей түйе сүтінің жалпы құндылығының жоғары екендігін атап өтуге болады. Зерттеуде түйе сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері қалыпты нәтижелер көрсетті және бұл болашақта тағамдық құндылығы жоғары жаңа сүт өнімдерін алуға мүмкіндік береді. Түйе сүтіндегі дәрумен құрамын қорытындылай келе, түйе сүті дәрумендер мен микроэлементтердің құрамы бойынша әдеби деректемелерге сәйкес сиыр сүтінен асып түсеті айқындалды, яғни түйе сүтіндегі С дәрумені 91,3 мг/мл тең болды, басқа сүт дәрумен құрамынан бірнеше есе көп екенін атап өткен жөн.

Сонымен қатар түйе сүтінің сарысу ақуыздарының фракциялық құрамын зерттеуде  $\alpha$ -лактоальбумин жоғары мөлшерлік нәтиже көрсетті. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, түйе сүтіндегі сарысу ақуыздарының жоғары мөлшері оның тағамдық құндылығын арттырып, оны ашытылған сүт сусындарын өндіру үшін оңтайлы шикізатқа айналдыратынын атап өтуге болады.

Жалпы антимикробтық белсенділік арнайы мақсаттағы өнімдер мен адам денсаулығы үшін ең маңызды фактор болып саналады. Біздің жағдайда антимикробтық белсенділік түйе сүті сарысу белогы гидролизаттары қасиеттерін анықтауда зерттеу нәтижесі *E.coli* патогенді микроорганизмдерінің өсуін тежейтіндігін айқындады. Яғни, алынған зерттеу нәтижелері болашақта аса маңызды экологиялық таза өнім алу мен адам денсаулығына әсерін бағалауда өз нәтижесін көрсетеді.

Сонымен қатар, бұл зерттеу жұмысының нәтижелері болашақта әрі қарай сүт өнімдерін дамытуда, маңызды әрі пайдалы өнім алуда, үлкен жаңалықтар ашудағы жаңа зерттеу жұмыстарына негіз болып табылады. Бізді өте қызықты болашақ күтіп тұр.

#### **Әдебиеттер тізімі**

1. Yagil R. Composition of camel milk. Camels and camel milk. FAO Animal Production and Health Paper / R. Yagil. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. – 218 p.
2. Черданцева М.А. Сенсорный анализ как оценка качества молочных продуктов/ М.А. Черданцева // Вопросы науки и образования. – 2019. – С. 3-7.
3. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова; 4-е издание, переработанное и дополненное. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2010. – С. 20-36.
4. Кручкова В.В. Творожный десерт / В.В. Кручкова, А.В. Клопова, Л.В. Сорокина / Молочная промышленность. – 2009. – № 10. С. 37-76.
5. Lactoferrin and immunoglobulin content in camel milk from Kazakhstan / G. Konuspayeva, B. Faye, G. Loiseau, D. Levieux // Journal of Dairy Science. – 2007. – Vol. 90. – P.38-46.
6. Abdel-Rahim A.G. The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra bircus*) milk / A.G. Abdel-Rahim // World Rev. Anim. Prod. – 1987. – Vol. 23. – P. 9-11.
7. Physico-chemical properties of camel milk during lactation period / A.A. Hassan, A.E. Hagrass, K.A. Soryal, S.A. El-Shabrawy // Egyptian J. Food Sci. – 1987. – Vol. 15. – P. 1-14.
8. Ven C. Biochemical and functional characterization of casein and whey protein hydrolysates: A study on the correlations between biochemical and functional properties using multivariate data analysis (doctoral dissertation, SI: Sn) / C. Ven. – Wageningen (Netherlands): Wageningen University & Research. – 2002. – 170 p.
9. Farah Z. Vitamin content of camel milk / Z. Farah, R. Rettenmaier, D. Atkins // International J. Vitam. Nutr. Res. – 1992. – Vol. 62. – P. 30-33.

10. El-Agamy E.I. Gel electrophoresis of proteins, physicochemical characterization and vitamin C content of milk of different species / E.I. El-Agamy, Z.I. Abou-Shlou, Y.I. Abdel-Kader // *Alexandria Journal of Agricultural Resea.* – 2015.
11. ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. – М.: Стандартинформ, 2009.
12. ГОСТ 32892-2014. Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2015.
13. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – Введ. 1994.01.01.
14. ГОСТ Р EN 14130-2010. Титриметрические методы определения витамина С. – М.: Стандартинформ, 2012.
15. Characterization of the dominant microflora in naturally fermented camel milk shubat / N. Rahman, C. Xiaohong, F. Meiqin et al. // *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* – 2009. – Vol. 25, № 11 – P. 1941-1946.
16. Camel milk value chain in Northern Saudi Arabia / B. Faye, H. ElRouili // *Emirates Journal of Food and Agriculture.* 2014. – № 26(4). – P. 359. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i4.17278>.
17. Nomenclature for Chromatography // *Pure and Appl. Chem.* – 1993. – Т. 65, № 4. – P. 819-872.
18. Adeniyi A. Antibacterial activities of lactic acid bacteria and protein isolated from camel milk Bolanle / A. Adeniyi, A. Adewale, A. Ayeni Funmilola // *African health sciences.* – 2015. – № 15(3). – P. 888-895.

### References

1. Yagil R. Composition of camel milk. Camels and camel milk. FAO Animal Production and Health Paper / R. Yagil. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. – 218 r. (In English).
2. Cherdantseva M.A. Sensornyi analiz kak otsenka kachestva molochnykh produktov/ M.A. Cherdantseva // *Voprosy nauki i obrazovaniya.* – 2019. – S. 3-7. (In Russian).
3. Gorbatova K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov / K.K. Gorbatova, P.I. Gun'kova; 4-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. – Sankt-Peterburg: GIORД, 2010. – S. 20-36. (In Russian).
4. Kruchkova V.V. Tvorozhnyi desert / V.V. Kryuchkova, A.V. Klopova, L.V. Sorokina / *Molochnaya promyshlennost'.* – 2009. – № 10. S. 37-76. (In Russian).
5. Lactoferrin and immunoglobulin content in camel milk from Kazakhstan / G. Konuspayeva, B. Faye, G. Loiseau, D. Levieux // *Journal of Dairy Science.* – 2007. – Vol. 90. – P.38-46. (In English).
6. Abdel-Rahim A.G. The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra bircus*) milk / A.G. Abdel-Rahim // *World Rev. Anim. Prod.* – 1987. – Vol. 23. – P. 9-11. (In English).
7. Physico-chemical properties of camel milk during lactation period / A.A. Hassan, A.E. Hagrass, K.A. Soryal, S.A. El-Shabrawy // *Egyptian J. Food Sci.* – 1987. – Vol. 15. – P. 1-14. (In English).
8. Ven C. Biochemical and functional characterization of casein and whey protein hydrolysates: A study on the correlations between biochemical and functional properties using multivariate data analysis (doctoral dissertation, SI: Sn) / C. Ven. – Wageningen (Netherlands): Wageningen University & Research. – 2002. – 170 r. (In English).
9. Farah Z. Vitamin content of camel milk / Z. Farah, R. Rettenmaier, D. Atkins // *International J. Vitam. Nutr. Res.* – 1992. – Vol. 62. – P. 30-33. (In English).
10. El-Agamy E.I. Gel electrophoresis of proteins, physicochemical characterization and vitamin C content of milk of different species / E.I. El-Agamy, Z.I. Abou-Shlou, Y.I. Abdel-Kader // *Alexandria Journal of Agricultural Resea.* – 2015. (In English).
11. GOST 5867-90. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya zhira. – М.: Standartinform, 2009. (In Russian).
12. GOST 32892-2014. Moloko i molochnaya produktsiya. Metod izmereniya aktivnoi kislotnosti (s Popravkoi). – М.: Standartinform, 2015. (In Russian).
13. GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti. – Vved. 1994.01.01. (In Russian).
14. GOST R EN 14130-2010. Titrimetricheskie metody opredeleniya vitamina S. – М.: Standartinform, 2012. (In Russian).

15. Characterization of the dominant microflora in naturally fermented camel milk shubat / N. Rahman, C. Xiaohong, F. Meiqin et al. // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2009. – Vol. 25, № 11 – R. 1941-1946. (In English).
16. Camel milk value chain in Northern Saudi Arabia / V. Faye, H. ElRouili // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2014. – № 26(4). – R. 359. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i4.17278>. (In English).
17. Nomenclature for Chromatography // Pure and Appl. Chem. – 1993. – Т. 65, № 4. – R. 819-872. (In English).
18. Adeniyi A. Antibacterial activities of lactic acid bacteria and protein isolated from camel milk Bolanle / A. Adeniyi, A. Adewale, A. Ayeni Funmilola // African health sciences. – 2015. – № 15(3). – R. 888-895. (In English).

**А.Е. Муратбекова<sup>1\*</sup>, М.Х. Нармуратова<sup>2</sup>, С. Жадыра<sup>1</sup>, М.А. Сыдыканова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Жетысуский университет имени И. Жансугурова,  
040000, Республика Казахстан, город Талдыкорган, улица Жансугурова, 187а

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, город Алматы, проспект аль-Фараби, 71

\*e-mail: ayaulym-muratbekova@mail.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ БЕЛКОВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА**

*В статье представлены результаты физико-химических и микробиологических показателей безопасности «верблюжьего молока», производимого частными предпринимателями Алматинской области, Илейского района, а также микробиологические показатели безопасности белков верблюжьего молока и его сравнение с составом коровьего молока.*

*Основная цель исследования-изучить защитный эффект, ценность ферментированных белков верблюжьего молока.*

*Одним из актуальных вопросов является изучение биохимической ценности и качества, безопасности верблюжьего молока. Это связано с тем, что в настоящее время в связи с ухудшением экологической системы немалую роль в укреплении здоровья человека играют молочные продукты, особенно верблюжье молоко. Альбумин или сывороточный протеин, содержащийся в верблюьем молоке, намного лучше усваивается организмом и считается очень востребованным благодаря своим лечебным свойствам.*

*В связи с этим в данной исследовательской работе были проведены физико-химические и микробиологические исследования верблюжьего молока. То есть при изучении ценности верблюжьего молока были выявлены его физико-химические показатели (плотность, кислотность, количество общего белка, жира, лактозы и витамина С).*

*Определение кислотности молока по Тернеру проводили методом титриметрии, плотность – Ареометрическим методом, содержание белка – титрованием раствором NaOH, определение количества лактозы – рефрактометрическим методом, определение количества витамина С-оксидоредуктазным и титрованием.*

*Результаты исследования показали, что показатели содержания белка, жира, лактозы, обезжиренного сухого вещества в образце молока удовлетворяют физиологические суточные потребности верблюжьего молока. Это позволит в будущем получать свежие молочные продукты с высокой питательной ценностью.*

*Кроме того, проводя эту исследовательскую работу, появилась возможность изучить свойства микробиологически полезных белков внутри сывороточных белков верблюжьего молока (с помощью методов SDS-PAGE, хроматографии) и изучить антимикробные свойства гидролизатов сывороточного белка (с помощью метода Лунки).*

*В ходе исследования этих свойств было установлено, что в результате теста на определение антимикробных свойств гидролизатов сывороточного белка верблюжьего молока гидролизаты ингибируют рост патогенного микроорганизма E.coli.*

*Полученные результаты исследования показывают свои результаты в оценке влияния на здоровье человека и получение особо важной экологически чистой продукции в будущем.*

**Ключевые слова:** верблюжье молоко, белок, гидролизатов сывороточного протеина, защитный эффект, антимикробная активность.

**A.E. Muratbekova<sup>1\*</sup>, M.Kh. Narmuratova<sup>2</sup>, S. Zhadyra<sup>1</sup>, M.A. Sydykanova<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Zhetysu University named after I.Zhansugurov,  
040000, Republic of Kazakhstan, Taldykorgan city, Zhansugurova street, 187a  
<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty city, Al-Farabi Avenue, 71  
\*e-mail: ayaulym-muratbekova@mail.ru

## **STUDY OF THE PROTECTIVE EFFECT OF FERMENTED CAMEL MILK PROTEINS**

*The article presents the results of physico-chemical and microbiological safety indicators of «camel milk» produced by private entrepreneurs of the Almaty region, Ileysky district, as well as microbiological safety indicators of camel milk proteins and its comparison with the composition of cow's milk.*

*The main purpose of the study is to study the protective effect and value of fermented camel milk proteins.*

*One of the urgent issues is the study of the biochemical value and quality, safety of camel milk. This is due to the fact that currently, due to the deterioration of the ecological system, dairy products, especially camel milk, play a significant role in improving human health. Albumin or whey protein contained in camel milk is much better absorbed by the body and is considered very popular due to its medicinal properties.*

*In this regard, physico-chemical and microbiological studies of camel milk were carried out in this research work. That is, when studying the value of camel milk, its physico-chemical parameters (density, acidity, amount of total protein, fat, lactose and vitamin C) were revealed.*

*The determination of milk acidity by Turner was carried out by titrimetry, density by Hydrometric method, protein content by titration with NaOH solution, determination of the amount of lactose by refractometric method, determination of the amount of vitamin C by oxidoreductase and titration.*

*The results of the study showed that the content of protein, fat, lactose, and skimmed solids in the milk sample satisfy the physiological daily needs of camel milk. This will allow us to obtain fresh dairy products with high nutritional value in the future.*

*In addition, carrying out this research work, it became possible to study the properties of microbiologically useful proteins inside camel milk whey proteins (using SDS-PAGE methods, chromatography) and to study the antimicrobial properties of whey protein hydrolysates (using the Well method).*

*During the study of these properties, it was found that as a result of a test to determine the antimicrobial properties of camel milk whey protein hydrolysates, hydrolysates inhibit the growth of the pathogenic microorganism E.coli.*

*The obtained research results show their results in assessing the impact on human health and obtaining particularly important environmentally friendly products in the future.*

**Key words:** camel milk, protein, protein hydrolysates, protective effect, antimicrobial activity.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Аяулым Ержановна Муратбекова\*** – Биотехнология және экология ғылыми зерттеу институты, биотехнология зертханасының ғылыми қызметкері; Талдықорған қаласы, І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Қазақстан; e-mail: ayaulym-muratbekova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3102-6094>.

**Мейрамкуль Худретовна Нармуратова** – ҚазҰУ ғылыми-инновациялық қызмет және халықаралық ынтымақтастық бойынша биотехнология кафедрасы меңгерушісінің орынбасары. әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0513>.

**Жадыра Сағыман** – Биоинженерия бойынша философия докторы, биотехнология және экология ғылыми зерттеу институты, биотехнология зертханасының меңгерушісі; Талдықорған қаласы, І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Қазақстан; e-mail: akanais@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9890-6075>.

**Маржан Алмасқызы Сыдыканова** – Биотехнология және экология ғылыми зерттеу институты, биотехнология зертханасының ғылыми қызметкері; Талдықорған қаласы, І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Қазақстан; e-mail: marzhan.sydykanova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6874-1997>.

### **Сведения об авторах**

**Аяулым Ержановна Муратбекова\*** – научный сотрудник лаборатории биотехнологии, научно-исследовательский институт биотехнологии и экологии; Жетісуский университет им. И. Жансүгірова г. Талдықорған, Казахстан; e-mail: ayaulym-muratbekova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3102-6094>.

**Мейрамкуль Худретовна Нармуратова** – заместитель заведующего кафедрой биотехнологии по научно-инновационной деятельности и международному сотрудничеству КазНУ им. аль-Фараби. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0513>.

**Жадыра Сагыман** – доктор философии по биоинженерии, заведующий лабораторией биотехнологии, научно-исследовательский институт биотехнологии и экологии; Жетысуский университет им. И. Жансугурова г. Талдыкорган, Казахстан; e-mail: [akanais@yandex.kz](mailto:akanais@yandex.kz). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9890-6075>.

**Маржан Алмаскызы Сыдыканова** – научный сотрудник лаборатории биотехнологии, научно – исследовательский институт биотехнологии и экологии; Жетысуский университет им. И. Жансугурова г. Талдыкорган, Казахстан; e-mail: [marzhan.sydykanova@mail.ru](mailto:marzhan.sydykanova@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6874-1997>.

#### Information about the authors

**Ayaulym Muratbekova\*** – Researcher at the Laboratory of Biotechnology, Research Institute of Biotechnology and Ecology; Zhetysu University named after I.Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: [ayaulym-muratbekova@mail.ru](mailto:ayaulym-muratbekova@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3102-6094>.

**Meiramkul Narmuratova** – Deputy Head of the Department of Biotechnology for scientificinnovational activity and international cooperation, Al-Farabi Kazakh National University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-0513>.

**Zhadyra Sagyman** – PhD in Bioengineering, Head of the Biotechnology Laboratory, Research Institute of Biotechnology and Ecology; Zhetysu University named after I.Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: [akanais@yandex.kz](mailto:akanais@yandex.kz). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9890-6075>.

**Marzhan Sydykanova** – Researcher at the Laboratory of Biotechnology, Research Institute of Biotechnology and Ecology; Zhetysu University named after I.Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: [marzhan.sydykanova@mail.ru](mailto:marzhan.sydykanova@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6874-1997>.

Редакцияға енуі 01.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 29.04.2024

Жариялауға қабылданды 30.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-29



МРНТИ: 65.59.03

**Г.Т. Туменова<sup>1</sup>, Б.К. Асенова<sup>2</sup>, А.Н. Нургазезова<sup>2</sup>, Г.Н. Нұрымхан<sup>2</sup>, Н.Р. Муслимова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,  
150000, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ., Пушкин көш. 86

<sup>2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки көш. 20 А

\*e-mail: [g.tumenova@mail.ru](mailto:g.tumenova@mail.ru)

### ПІСУ ПРОЦЕСІНДЕ «ОТБАСЫ» ШИКІ ЫСТАЛҒАН ШҰЖЫҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ МӘНДЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Әдеби дереккөздерді талдау шикі шұжықтардың тұтынушылық қасиеттерін арттырудың көптеген әдістерінің бар екендігін көрсетеді, бірақ бастапқы дақылдар осы тізімде жетекші орын алады. Олар шұжық өнімдерінің сапасын қалыптастырудың маңызды факторларының бірі болып табылады. Дұрыс таңдалған дақылдар: шұжықтардың дәмі мен хош иісінің консистенциясы мен түсінің тез қалыптасуына; шірік және санитарлық көрсеткіштері микроағзалардың тіршілік әрекетін басуға ықпал етеді. Сондықтан, бұл мақалада пісу процесінде «Отбасы» шикі ысталған шұжығының физика-химиялық мәндерін зерттеу деректері келтірілген.

Шикі ысталған шұжықтардың микробиологиялық көрсеткіштерін тұрақтандыру экспериментінің нәтижелерін қарастыра отырып, технологияда қарастырылған параметрлер дайын өнімдердің микробиологиялық тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді деп болжауға болады.



*Шұжық, басқа ет өнімдері сияқты, ақуыздың негізгі көзі болып табылады. Майдың мөлшері шұжықтардың сапалық көрсеткіштерін жақсаратын мөлшерде болуы керек, өйткені майдың көп мөлшері өнімдердің дәміне және олардың сіңімділігіне әсер етеді. Бос май қышқылдары мен карбонилді қосылыстар хош иісті қалыптастыруда маңызды рөл атқаратын майларды ыдырататын өнімдерге жатады.*

*Соңғы жылдары осы микроағзалардың ерекше қасиеттеріне байланысты сүт қышқылы бактерияларға (лактобактериялар мен лактококктар) және бифидобактерияларға өте ерекше назар аударылып жатыр, бұл тағам өнеркәсіптерінде, атап айтқанда ет және сүт өнеркәсібінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.*

***Түйін сөздер:** ет және ет өнімдері, шикі ысталған шұжық, ашытқы, физика-химиялық көрсеткіштер, микроағзалар, микрофлора.*

## **Кіріспе**

Бүгінгі таңда ет өнімдерін өндірудің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретін технологияларды құру маңызды, ал тұтынушыға берілген сапа стандарттарын сақтауға кепілдік береді. Биотехнологияның дамуымен шұжық өнімдерін өндіру кезінде ет шикізатында жүретін күрделі биохимиялық өзгерістер кешенін қарқындалуға бағытталған жаңа технологияларды әзірлеу және енгізу мүмкін болды. Функционалды ет өнімдері ретінде ферменттелген ет өнімдерінің тобын, ең алдымен шикі ысталған және шикі шұжықтарды қарастыруға болады.

Бұл өнімдер термиялық өңдеудің болмауына байланысты жоғары биологиялық құндылыққа ие, бұл оларды қоспалармен, соның ішінде жоғары температура әсеріне сезімтал заттармен байытуға жағдай жасайды. Сүт қышқылы микроағзалардың және бифидобактериялардың (пробиотиктердің), оның ішінде бактериялық препараттар (бастапқы дақылдар) түрінде енгізілген өнімдерінің болуы бірқатар пребиотиктердің қатысуымен өнімнің биологиялық құндылығын одан әрі арттыруға мүмкіндік береді [2].

Мұндай өнімдердің аспаздық дайындығы мен микробиологиялық қауіпсіздігіне белгілі бір жағдайларды ескере отырып, тіндік және микробтық ферменттердің әсерінен өнімде болатын биохимиялық, микробиологиялық және физика-химиялық өзгерістерге қол жеткізеді. Ет өнімдерін өндіруде микрофлора теріс рөл атқарып қана қоймай, сонымен қатар оң рөл атқарады. Көптеген ет өнімдерінде сүт қышқылы бактериялары бар. Олар шіріктің бұзылуын тежеуге, органолептикалық сипаттамалардың жақсаруына, пісу уақытын тездетуге және түс қалыптастыруға ықпал етеді.

Соңғы жылдары осы микроағзалардың ерекше қасиеттеріне байланысты сүт қышқылы бактерияларға (лактобактериялар мен лактококктар) және бифидобактерияларға өте ерекше назар аударылып жатыр, бұл тағам өнеркәсіптерінде, атап айтқанда ет және сүт өнеркәсібінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді [2,3].

Сүт қышқылы бактериялары кейбір шірік бактериялардың дамуын тежейді, сонымен бірге сүт қышқылының жиналуына байланысты рН-ны қышқыл жағына жылжытады, бұл шірік микрофлораның дамуына теріс әсер етеді. Ысталған, шикі ысталған және шикі шұжықтарды өндіруде дәм мен хош иісті қалыптастыру кезінде оларға ерекше рөл беріледі. Олар көмірсулардың ыдырауын катализдейтін ферменттерді шығарады. Бұл жағдайда тағамдарда қышқылдар, ацетонин, диацетил және т.б. сияқты хош иісі мен дәмі бар заттар жиналады [3-5].

Бірқатар ет өнімдерін (шикі ысталған және шикі шұжық, ветчина және т.б.) өндіруде жасанды түрде таңдалған бактериялық дақылдар қолданылады. Сонымен қатар, «ашытқы» – бірқатар дақылдардың белгілі бір комбинацияларын жасайды, олар қажетсіз микрофлораның қызметін басу, хош иіс пен дәм жиынтығын жасау және ет өнімдерінің пісуін тездету үшін өнімге енгізіледі.

Лактобактериялар мен лактококктардың ең танымал қасиеттері – сүт және басқа да органикалық қышқылдарды құрайтын көмірсуларды ашыту қабілеті, сүт қышқылды өнімдерді, ірімшіктерді өндіруде бактерияларды ашытқы ретінде қолдануға себепші болды. Кейінірек, бұл ашытқылар ет өнеркәсібінде ет шикізатының пісуін тездету және дайын өнімнің сапасын арттыра отырып, оның органолептикалық қасиеттерін жақсарту үшін қолданыла бастады.

Бұл бактериялардың өмірлік белсенділігінің ерекшелігі – олардың карбон қышқылдарын қалыптастыру үшін қоректік орта ретінде көмірсулар қолдану мүмкіндігі. Сүт

қышқылымен қатар пирув, шарап, сірке қышқылы, этил спирті, ацетон және басқалары пайда болады [6,7].

Шұжық, басқа ет өнімдері сияқты, ақуыздың негізгі көзі болып табылады. Майдың мөлшері шұжықтардың сапалық көрсеткіштерін жақсаратын мөлшерде болуы керек, өйткені майдың көп мөлшері өнімдердің дәміне және олардың сіңімділігіне әсер етеді. Бос май қышқылдары мен карбонилді қосылыстар хош иісті қалыптастыруда маңызды рөл атқаратын майларды ыдырататын өнімдерге жатады. *Lactobacillus* бактериялары осы процеске қатысатын липазаларды шығару қабілетіне ие. Қазіргі уақытта сүт қышқылы бактерияларының көптеген штамдарының бұлшықет тініне әсері анықталды [10].

### **Зерттеу шарттары мен әдістері**

«Отбасы» шикі ысталған шұжығын зерттеу объектісі ретінде қарастырдық. Зерттеуде негізінен аналитикалық әдістер қолданылды.

Шұжық өнімдерін дайындау үшін пайдаланылатын шикізат нормативтік-техникалық құжаттаманың талаптарына сәйкес келуі тиіс.

Зерттеу материалдары мен әдістері арнайы МЕСТ нормаларына сәйкес анықталды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде рН-тың мәні анықталды. Зерттеулер арнайы ғылыми орталықта жүргізілген. Нақты алғанда, физика-химиялық және микробиологиялық сапа көрсеткіштерін зерттеу жүргізілді. Сынақтар келесі жағдайларда жүргізілді: температура – 21°C, ылғалдылық – 81% [8,9].

Органолептикалық талдау жүргізу үшін салмағы 500 г. әр үлгінің сынамалары алынды. Физика-химиялық сынақтарға өнімнің әр түрінен салмағы 250 г. сынамалар жіберілді. Микробиологиялық талдау үшін нүктелік сынама алынды, содан кейін салмағы 250 г. болатын жалпы сынамаға біріктірілді.

Шикі ысталған шұжығын зерттеу объектісі ретінде қарастырдық. Зерттеуде негізінен аналитикалық әдістер қолданылды шұжық үлгілерінің сапасын растау эксперименттік деректердің нормативтік-техникалық құжаттама талаптарына сәйкестігін анықтау негізінде жүргізілді.

### **Зерттеу нәтижелері**

Консервілеу факторлары ас тұзы, натрий нитриті, төмен температура, сүт қышқылын шығаратын бастапқы сүт қышқылы дақылдары екендігі белгілі, бұл рН төмендеуіне, кептіруге және сәйкесінше су мөлшерінің төмендеуіне әкеледі. Алынған нәтижелер негізінде бастапқы бактериялық мәдениет, натрий нитриті, тұз және сүт қышқылы микробиологиялық тұрақтылыққа және шикі шұжықтардың қауіпсіздігіне оң әсер етеді, бұл рН төмендеуіне әкеледі. Сондықтан «Отбасы» шұжығының жетілу процесінде тұз мөлшері мен рН мәні өлшенді.

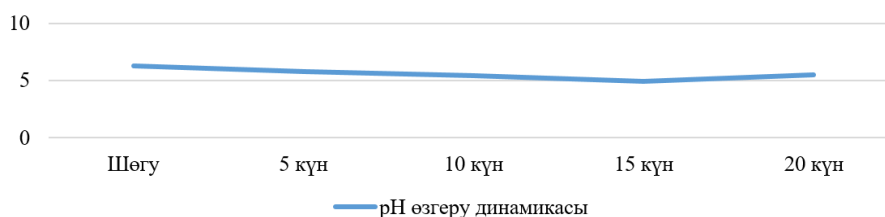
Қолда бар әдеби деректер кептіру жылдамдығы тартылған етдің рН – на байланысты екенін және бұл мәндер бұлшықет ақуыздарының изоэлектрлік нүктесіне қаншалықты жақын болса, ақуыздар суды оңай береді. Сондықтан тартылған шұжықтардың рН мәндерін анықтау кезінде кептіру процесінде ылғалдың өзгеруін анықтау маңызды. Кептіру процесінде шұжықтағы ылғал мөлшерінің өзгеруі микрофлораның өміріне әсер етеді. Сондықтан зерттеу кешеніне су мөлшерін анықтау енгізілді.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде кептіруден кейін 15 күн кептіргенге қарағанда рН-ның төмен мәні анықталды. Тұнбаға түскен кезде сүт қышқылы микрофлорасы сүт қышқылын шығара бастайды, бұл рН 0,4-0,7 төмендеуіне әкеледі. «Отбасы» шұжығын кептіру процесінде рН төмендеу динамикасы 1 суретте көрсетілген. «Отбасы» шұжығының рН мәні 1 – кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Шұжық өндіру процесінде рН мәнінің өзгеруі

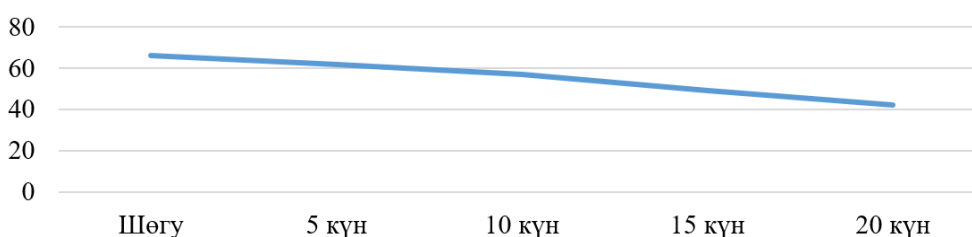
Мәні	Пісетін күндер				
	шөгінді	5	10	15	20
рН	6,3	5,8	5,4	4,9	5,3

15 күн кептіруден кейін байқалған сүт қышқылы микрофлорасының мөлшерінің төмендеуі және бұрын сипатталған сүт қышқылының мөлшері рН мәндерінің шамалы өсуіне әкеледі.



Сурет 1 – Пісіп-жетілу кезіндегі «Отбасы» шұжығының рН өзгеру динамикасы

Тәжірибелік шұжықтағы ылғалдың ең қарқынды төмендеуі кептіру кезеңінде 5-тен 15 тәулікке дейін болады.



Сурет 2 – Шұжықтағы су құрамының өзгеруі

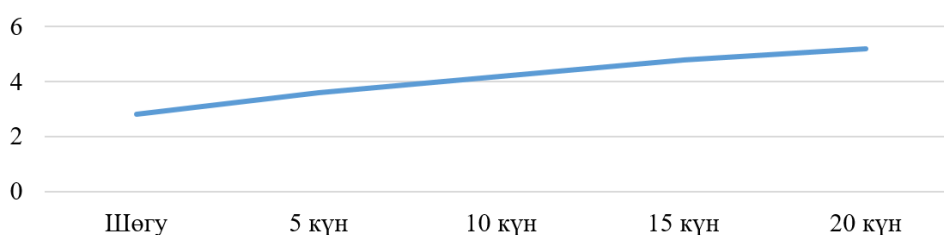
Тартылған ет құрамындағы ылғалдың өзгеруіне байланысты технологиялық процестің бақыланатын кезеңдерінде өнімдегі ас тұзының мөлшері де өзгерді (сурет 2).

«Отбасы» шұжығының ылғалдылық мәні 2 – кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Шұжық өндіру процесінде ылғал мәнінің өзгеруі

Мәні	Пісетін күндер				
	Шөгінді	5	10	15	20
Су, %	65,13	62,54	56,47	47,21	42,01

Шұжық құрамы дұрыс жасалған кезде микроағзалардың өсуіне қажетті судың мөлшері едәуір азаяды және шұжықтың жарамдылық мерзімі артады.



Сурет 3 – «Отбасы» шикі ысталған Шұжықтағы тұздың өзгеруі

Кесте 3 – Шұжық өндіру процесінде тұздың мәнінің өзгеруі

Мәні	Пісетін күндер				
	Шөгінді	5	10	15	20
Ас тұзы, %	2,91	3,62	4,26	4,83	5,23

Бастапқы шикізаттағы тұздың құрамы 2,91%-ды, 15 тәулікке – 4,80%-ды, 20 тәулікке – 5,23%-ды құрады. Микрофлораның тіршілік әрекеті су фазасында жүретінін ескере отырып, технологиялық процестің бақыланатын кезеңдерінде тұз концентрациясын белгілеу қажет болды. Өнімнің су фазасындағы тұздың концентрациясы, әрине, одан ылғал жойылған сайын өсті.

## **Ғылыми нәтижелерді талқылау**

Шұжықтағы тұз концентрациясының 15 күнге жоғарылауы, сөзсіз, сүт қышқылы микрофлорасының өміріне әсер етеді, оның өсуі баяулайды және сонымен бірге тұз концентрациясының жоғарылауы шикі ысталған шұжықтардың микробиологиялық тұрақтылығының кепілі болып табылады. Ас тұзының жоғары концентрациясы оның қорғаныш қасиеттерін арттырады. Тартылған еттен ылғалды кетіру соңында дайын өнімдегі тұздың жоғарылауына әкелді.

Осы мәліметтер мен шикі ысталған шұжықтардың микробиологиялық көрсеткіштерін тұрақтандыру экспериментінің нәтижелерін қарастыра отырып, технологияда қарастырылған параметрлер дайын өнімдердің микробиологиялық тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді деп болжауға болады.

## **Қорытынды**

Осы мәліметтер мен шикі ысталған шұжықтардың микробиологиялық көрсеткіштерін тұрақтандыру экспериментінің нәтижелерін қарастыра отырып, технологияда қарастырылған параметрлер дайын өнімдердің микробиологиялық тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді деп болжауға болады.

Жүргізілген зерттеу жұмыстары бойынша шикі ысталған шұжықтардың құрамында фосфор, калий, кальций, В<sub>3</sub>, С, Е дәрумендер, лизин және валин аминқышқылдары, май қышқылдарының құрамындағы капрон қышқылының массалық үлесі жоғары екені анықталды.

Мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдердің эксперименттік үлгілеріндегі мазмұн туралы алынған мәліметтерге сүйене отырып, келесі қорытынды жасалды: жүргізілген зерттеу нәтижелері КМАФАнМ санын азайтуға оң әсер етеді. Нәтижесінде, шикі ысталған шұжық рецептурасы бойынша, әзірленген өнім антиоксиданттық қабілетте де, сапа көрсеткіштерінде де ең жақсы көрсеткіштерді көрсетті.

## **Әдебиеттер тізімі**

1. Зонин В.Г. Современное производство колбасных и солено-копченых изделий / В.Г. Зонин. – СПб.: Профессия, 2006. – 224 с.
2. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов. Часть 2: учебное пособие / Ребезов М.Б. и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 133 с.
3. Антипова Л.В. Современные технологии ферментированных мясных продуктов / Л.В. Антипова // Пищевая биотехнология. – 2015. – № 3. – С. 103-111.
4. Роль стартовых культур в производстве сырокопченых и сыровяленых колбас / А.А. Семенова, В.В. Насонова, М.Ю. Минаев и др. // Все о мясе. – 2012. – № 3. – С. 13-19.
5. Влияние стартовых культур на вторичное сырье животного происхождения / И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов, О.В. Зинина и др. // Молодой ученый. – 2013. – № 10. – С. 209-212.
6. Современное состояние и перспективы использования стартовых культур в мясной промышленности / А.А. Соловьева, О.В. Зинина, М.Б. Ребезов, М.Л. Лакеева // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 10, № 1. – С. 84-88.
7. Смодлев Н.А. Функционально-технологические свойства белков животного происхождения / Н.А. Смодлев // Мясная индустрия. – 2000. – №1. – С. 18-19.
8. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И. Рогов. – М.: КолосС, 2004. – 571 с.
9. Зонин В.Г. Современное производство колбасных и солено-копченых изделий / В.Г. Зонин. – СПб.: Профессия, 2007. – 224 с.
10. Пат. 2423861 Российская Федерация, МПК А22С 11/00, А23L 1/314. Способ производства вареной колбасы / Корнена Е.П., Михайлов И.Г., Ксенз М.В.; патентообладатель ГОУ ВПО «КубГУ». – № 2010111788/13; заявл.: 26.03.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 7 с.
11. Усембаева Ж.К. Качество и безопасность – основа конкурентоспособности / Ж.К. Усембаева // Пищевая перерабатывающая промышленность Казахстана. – 2006. – № 5. – С. 12.

## References

1. Zonin V.G. Sovremennoe proizvodstvo kolbasnykh i soleno-kopchenykh izdelii / V.G. Zonin. – SPb.: Professiya, 2006. – 224 s.
2. Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osnovy proizvodstva myasa i myasnykh produktov. Chast' 2: uchebnoe posobie / Rebezov M.B. i dr. – Chelyabinsk: Izdatel'skii tsentr YUURGU, 2011. – 133 s.
3. Antipova L.V. Sovremennye tekhnologii fermentirovannykh myasnykh produktov / L.V. Antipova // Pishchevaya biotekhnologiya. – 2015. – № 3. – S. 103-111.
4. Rol' startovykh kul'tur v proizvodstve syrokoopchenykh i syrovyalenykh kolbas / A.A. Semenova, V.V. Nasonova, M.YU. Minaev i dr. // Vse o myase. – 2012. – № 3. – S. 13-19.
5. Vliyanie startovykh kul'tur na vtorichnoe syr'e zhivotnogo proiskhozhdeniya / I.V. Tarasova, M.B. Rebezov, O.V. Zinina i dr. // Molodoi uchenyi. – 2013. – № 10. – S. 209-212.
6. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya startovykh kul'tur v myasnoi promyshlennosti / A.A. Solov'eva, O.V. Zinina, M.B. Rebezov, M.L. Lakeeva // Sbornik nauchnykh trudov SWorld. – 2013. – T. 10, № 1. – S. 84-88.
7. Smodlev N.A. Funktsional'no-tekhnologicheskie svoystva belkov zhivotnogo proiskhozhdeniya / N.A. Smodlev // Myasnaya industriya. – 2000. – №1. – S. 18-19.
8. Antipova L.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I. Rogov. – M.: KoloSS, 2004. – 571 s.
9. Zonin V.G. Sovremennoe proizvodstvo kolbasnykh i soleno-kopchenykh izdelii / V.G. Zonin. – SPb.: Professiya, 2007. – 224 s.
10. Pat. 2423861 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A22C 11/00, A23L 1/314. Sposob proizvodstva varenoi kolbasy / Kornena E.P., Mikhailov I.G., Ksenz M.V.; patentoobladatel' GOU VPO «KuBGTU». – № 2010111788/13; zayavl.: 26.03.2010; opubl. 20.07.2011, Byul. № 20. – 7 s.
11. Usembaeva ZH.K. Kachestvo i bezopasnost' – osnova konkurentosposobnosti / ZH.K. Usembaeva // Pishchevaya pererabatyvayushchaya promyshlennost' Kazakhstana. – 2006. – № 5. – S. 12.

**Г.Т. Туменова<sup>1</sup>, Б.К. Асенова<sup>2</sup>, А.Н. Нургазезова<sup>2</sup>, Г.Н. Нурымхан<sup>2</sup>, Н.Р. Муслимова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,  
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

<sup>2</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А

\*e-mail: g.tumenova@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ СЫРОКОПЧЕНОЙ КОЛБАСЫ «СЕМЕЙНОЙ» В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ**

*Анализ литературных источников свидетельствует о наличии множества способов повышения потребительских свойств сыровяленых колбасных изделий, но стартовые культуры занимают лидирующие позиции в этом списке. Они являются одним из важных факторов формирования качества колбасных изделий. Правильно подобранные культуры способствуют: ускоренному формированию консистенции и цвета вкуса и аромата колбас; подавлению жизнедеятельности гнилостных и санитарно-показательных микроорганизмов.*

*Учитывая результаты эксперимента по стабилизации микробиологических показателей сырокопченых колбас, можно предположить, что параметры, учтенные в технологии, обеспечивают микробиологическую стабильность и безопасность готовой продукции.*

*Колбаса, как и другие мясные продукты, является основным источником белка. Количество жира должно быть таким, которое улучшает качество колбас, так как большое количество жира влияет на вкус продуктов и их усвояемость. Свободные жирные кислоты и карбонильные соединения являются продуктами распада жиров, которые играют важную роль в формировании аромата. Поэтому в данной статье приведены данные исследования физико-химических значений сырокопченой колбасы «Семейной» в процессе созревания.*

**Ключевые слова:** мясо и мясопродукты, сырокопченая колбаса, дрожжи, физико-химические показатели, микроорганизмы, микрофлора.

G.T. Tumanova<sup>1</sup>, B.K. Asenova<sup>2</sup>, A.N. Nurgazezova<sup>2</sup>, G.N. Nurymkhan<sup>2</sup>,  
N.R. Muslimova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Manash Kozybayev North Kazakhstan university,  
150000, Kazakhstan, Petropavlovsk, st. Pushkin 86

<sup>2</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

\*e-mail: g.tumenova@mail.ru

## INVESTIGATION OF CHANGES IN THE PHYSICO-CHEMICAL VALUES OF RAW SMOKED SAUSAGE «FAMILY» IN THE PROCESS OF MATURATION

*The analysis of literary sources shows that there are many ways to improve the consumer properties of raw sausage products, but starter cultures occupy the leading positions in this list. They are one of the most important factors in forming the quality of sausage products. Correctly selected cultures contribute to: accelerated formation of the consistency and color of the taste and aroma of the sausage; suppression of vital activity of putrefactive and sanitary-indicative microorganisms.*

*Taking into account the results of the experiment on the stabilization of microbiological indicators of raw smoked sausages, it is possible to assume that the parameters taken into account in the technology ensure microbiological stability and safety of the finished product.*

*Sausage, like other meat products, is the main source of protein. The amount of fat should be such that it improves the quality of the sausage, as a large amount of fat affects the taste of the product and its digestibility. Free fatty acids and carbonyl compounds are products of the breakdown of fats, which play an important role in the formation of aroma. Therefore, in this article, the data of the study of physical and chemical values of raw smoked sausage "Family" in the process of ripening are presented.*

**Key words:** meat and meat products, raw smoked sausage, yeast, physico-chemical parameters, microorganisms, microflora.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Галия Толеухановна Туменова\*** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент; Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Петропавл қ., Пушкин көш. 86, e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Бахыткуль Кажкеновна Асенова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Алмагуль Нургазезовна Нургазезова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының қауымдас.профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

**Гүлнұр Несіптайқызы Нұрымхан** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының қауымдас.профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Назерке Рахифовна Муслимова** – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ өндірістерінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының докторанты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

### Сведения об авторах

**Галия Толеухановна Туменова\*** – кандидат технических наук, доцент «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», Республика Казахстан г. Петропавловск, ул. Пушкина 86; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Бахыткуль Кажкеновна Асенова** – кандидат технических наук, профессор профессор кафедры «Технология производство продуктов и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Алмагуль Нургазезовна Нургазезова** – кандидат технических наук, асс. профессор кафедры «Технология производство продуктов и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

**Гүлнұр Несиптаевна Нұрымхан** – кандидат технических наук, ассоцир.профессор кафедры «Технология производство продуктов и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Назерке Рахифовна Муслимова** – магистр технических наук, докторант кафедры «Технология производство продуктов и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

#### Information about authors

**Galia Tumenova\*** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor «North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev», Republic of Kazakhstan, Petropavl, st. Pushkina 86; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

**Bakhytkul Asenova** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Product Production Technology and Biotechnology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Almagul Nurgazezova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Product Production Technology and Biotechnology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-638X>.

**Gulnur Nurymkhan** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Product Production Technology and Biotechnology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnu-n@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-352>.

**Nazerke Muslimova** – Master of Technical Sciences, doctoral student of the Department of «Product Production Technology and Biotechnology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

Редакцияға енуі 15.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 03.05.2024

Жариялауға қабылданды 04.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-30



FTAXP: 65.63.33

#### А.К. Мустафаева

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,  
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы 62  
e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru\*

### ӨСІМДІК ТЕКТЕС ШИКІЗАТПЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЖҰМСАҚ ІРІМШІК ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

**Аңдатпа:** Ұсынылып отырған мақалада жұмсақ тұзды ірімшікті өсімдік тектес шикізаттрамен байыту жолдары қарастырылған. Күнделікті ағзамыз дәрумендерге, минералды заттарға, майларға және көмірсуларға, ақуыздарға, сонымен қатар микро және макроэлементтерге, тағамдық талшықтарға бай өнімдермен қамтамасыз етілуі керек. Қазіргі таңда асқазан-ішек жолдары аурулары, қант диабеті, артық салмақ және жүрек-қан тамырлар аурулар адамзат арасында көңінен етек алуда. Осындай аурулардың алдын алу үшін немесе осындай ауруларды емдеу-сауықтыру жолында тағамдық талшықтар маңызды рөл атқарады. Тағамдық талшықтар адам ағзасындағы асқорыту жүйесінің микрофлорасын қалыпқа келтіреді, қандағы холестериннің деңгейін төмендетеді, пребиотикалық әсер көрсетеді және энергия көзі болып табылады, сонымен қатар ағзадағы токсиндерді, ауыр металдарды және радионуклидтерді шығаруға көмектеседі. Зерттеу барысында ұн өндірісінің қалдық өнімі болып саналатын бидай кебегін қосу арқылы тұзды жұмсақ ірімшікті өндірудің рецептурасы және технологиясы ұсынылды. Ірімшік өндірісінің негізгі шикізаты сиыр сүтінің физика-химиялық қасиеттері, сонымен қатар дәнді-дақылдардың құрамындағы тағамдық талшықтардың мөлшері, бидай кебегінің құрамындағы дәрумендер мен минералдардың қажеттік тәуелділік нормасының болуы анықталды. Зерттеу нәтижелерінде бидай кебектерінде тағамдық талшықтардың жоғары мөлшерде болуымен қоса, дәрумендер мен минералдар, сонымен қатар құрамында алмастырылмайтын және алмастырылатын аминқышқышқылдары болатыны зерттелді. Ұсынылған рецептураға сай 5 % бидай кебегін қоса отырып дайындалған жұмсақ ірімшіктің тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары болды.

*Түйін сөздер: жұмсақ ірімшік, бидай кебегі, дәрумендер, тағамдық талшықтар, тұздықты ірімшік.*

## **Кіріспе**

Халқымыздың денсаулығын нығайту және сақтау, сонымен қатар әртүрлі аурулардың алдын-алу мақсатында емдік-сауықтыру шараларды жүргізу мемлекеттік саясаттың басты міндеттерінің бірі болып табылады. Сондықтан өнімдердің тағамдық құндылығын, емдік-сауықтыру қасиеттеріне арттыру мақсатында өсімдік тектес қоспалармен байытылған сүтқышқылды өнімдер ассортименті көбейіп, күн санап мұндай қоспаларды тағамдық қоспа ретінде пайдаланудың оңтайлы жақтары ғылыми тұрғыда дәлелденуде. Сүтқышқылды өнімдер ағзаға тез сіңуімен, асқорыту, асқазан-ішек жолдарының жұмыстарын жақсартуымен және қоректік заттардың ағзаға жылдам сіңуіне ықпал етуімен ерекшеленеді [1].

Жұмсақ ірімшіктер – жануартектес шикізаттардан алынатын ең құнды және ең арзан ақуыз көзі болып табылады, мұндай ірімшіктерде басқа ірімшіктермен салыстырғанда алмастырылмайтын аминқышқылдарының мөлшері жоғары болады. Жұмсақ ірімшіктің жоғары дәмдік қасиеттеріне, әртүрлі дәмдеуіштер мен толықтырғыштар қосу арқылы ірімшік ассортиментін кеңейту қарапайымдылығына байланысты тамақ өндірісі саласында кеңінен қолданылады. Сондықтан ірімшік өндірісін қарқындету сүт өндірісі кәсіпорындарының алдына қойған негізгі міндеттерінің бірі деп айтуға болады [2].

Тамақтану рационын дұрыстау арқылы жалпы халық денсаулығын сауықтыру қашанда өзекті мәселе болып табылады. Күнделікті адам ағзасы тәуліктік нормада дәрумендермен, минералдармен, майлар мен көмірсулармен, ақуыздармен, сонымен қатар микро және макроэлементтермен, тағамдық талшықтармен, алмастырылмайтын аминқышқылдарымен тұтынатын тағамдар арқылы қамтамасыз етілуі керек. Қазіргі таңда асқазан-ішек жолдары аурулары, қант диабеті, артық салмақ және жүрек-қан тамырлар аурулар адамзат арасында кеңінен етек алуда. Осындай аурулардың алдын алу үшін немесе осындай ауруларды емдеу жолында тағамдық талшықтар маңызды рөл атқарады. Тағамдық талшықтар адамның ас қорыту жүйесінің микрофлорасын қалыпқа келтіреді, қандағы холестерин деңгейін төмендетеді, пребиотикалық әсер көрсетеді (B2, B6, PP дәрумендерінің бактериялық синтезіне ықпал етеді), энергия көзі болып табылады, ағзадағы токсиндерді, ауыр металдарды және радионуклидтерді шығаруға көмектеседі. Сонымен қатар, ақуыз, май, көмірсулар секілді тағамның маңызды компоненті болып табылады. Құрамындағы тағамдық талшықтардың көп мөлшерімен ерекшеленетін өнімге - бидай кебектері жатады [3,4].

Бидай кебегі – тағамдық, емдік, азық ретінде биологиялық азық құндылығы өте жоғары болып келеді. Бидай кебегі өт қышқылдары мен холестерин метаболизміне әсер етеді, ішектегі суды ұстап, микрофлораны тұрақтандырады [5].

Сауықтыру мақсатында тағам талшықтарына қажеттілігін қанағаттандыру үшін күнделікті тамақтану рационына 50-60 г бидай кебегін енгізсе жеткілікті. Егер қыс-көктем айларында көкөністер мен жемістерді қолдану төмендесе, жетіспеушілікті құрамында бидай кебегі бар өнімдермен толықтыруға болады. Бидай кебегі ас қорыту ферменттерінің әсеріне ұшырамайды, ішектегі суды ұстап, микрофлораны қалпына келтіреді [6,7].

## **Материалдар мен зерттеу әдістері**

Тұздалған ірімшіктің барлық көрсеткіштері Қазақстан Республикасы ұлттық стандарты ҚР СТ 418-2013 бойынша тұздатылған ірімшік техникалық шарттары және МЕМСТ 33959-2016 «Тұздатылған ірімшік» бойынша анықталады [8].

Сүт шикізатының және дайын өнімнің сапасын бағалау стандарттық зерттеу әдістерін қолдану арқылы жүзеге асты:

- майлылығы ГОСТ 5867-90 «Сүт және сүт өнімдері. Майды анықтау әдісі» бойынша [9];
- ылғалдылығы және құрғақ заттың мөлшері ГОСТ 3626-73 «Сүт және сүт өнімдері. Құрғақ зат пен ылғалды анықтау әдістері» бойынша [10,18];
- тығыздылығы СТ РК 1483-2005 «Сүт және сүт өнімдері. Тығыздықты анықтау әдісі» бойынша жүргізіледі [11];
- қышқылдылығы ГОСТ 3624-92 «Сүт және сүт өнімдері. Қышқылдылық анықтауға арналған титриметрикалық әдістер» бойынша [12];



- тұз мөлшері ГОСТ 3627-81 «Сүт өнімдері. Хлорлы натрийді анықтау әдісі» бойынша [13];
- ақуыз мөлшері ГОСТ 25179 «Сүт және сүт өнімдері. Ақуыз мөлшерін анықтау әдісі» бойынша [14];
- дайын өнімді органолептикалық бағалау ГОСТ 33959-2016 бойынша өткізілді [15].

Зерттеу нысаны ретінде сүтқышқылды өнімдердің тағамдық құндылығын көтеріп, дәрумендер мен минералдармен, тағамдық талшықтармен байытатын, табиғи өнім немесе ұн өндірісіндегі қалдық өнім болып саналатын бидай кебектерін әртүрлі қатынаста қосып дайындалған тұздықты жұмсақ ірімшік үлгілері алынды [16]. Тағамдық құндылығы жоғары болатын, бидай кебегінің өсіндісі ұнтақталып сүтқышқылды өнімдер өндірісінде байытқыш ретінде пайдаланылды. Мұндай өнімдердің құрамындағы пайдалы заттар 1-2 ай сақталады.

### **Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау**

Бидай кебегі қосылған тұздықты жұмсақ ірімшіктің технологиясын жетілдіру кезінде тұздықты жұмсақ ірімшік брынза өндіру технологиясы таңдап алынды. Зерттеу жұмыстарының бастапқы кезеңінде тағамдық талшықтарға бай болатын бидай кебектерінің үлгілері дайындалып, химиялық құрамы мен тағамдық құндылығы зерттелді. Жұмсақ ірімшікті тағамдық талшықтармен байыту үшін ұсынылған өсімдіктес шикізаттардың мөлшері 1-кестеде көрсетілген

1 кесте – Тағамдық талшықтардың дәнді-дақылдардың құрамындағы мөлшері

Өнімдер	Тағамдық талшықтар мөлшері	
	г/100 г	г/100 ккал
Бидай кебегі	43,0	26,1
Қара бидай ұнынан жасалған нан	8,0	4,0
«Бородинский» наны	7,9	3,9
Дәнді-дақылды нан	6,1	2,7
Қарақұмық ботқасы	2,7	2,7
2 сұрыпты ұннан жасалған кептірілген нан	7,0	2,2
2 ұнынан жасалған бидай наны	4,6	2,0
Арпа ботқасы	2,5	1,9
Сұлы ботқасы	1,9	1,7
Кепірілген нан	4,5	1,4
1 сұрыпты ұннан дайындалған бидай наны	3,2	1,3
Бидай ботқасы	1,7	1,1
Жаңғақтар	4,0	0,6

Бидай кебегі ағзаға қажетті макро және микро элементтерге өте бай және тағамдық талшықтардың таптырмас қайнар көзі. Бидай кебектерінде тағамдық талшықтардың мөлшерінің жоғары болумен қатар, дәрумендер мен минералдар көзі болып табылады, сонымен қатар құрамында алмастырылмайтын және алмастырылатын аминқышқылдарды да қамтиды.

2 кесте – 100 грамм бидай кебегіндегі дәрумендер мен минералдардың адам ағзасына қажетті тәуліктік нормасы (пайыздық көрсеткіште көрсетілген.)

Нутриент	Mg	Fe	B6	Se	Zn	P	PP	B1	B5	K
Бидай кебегіндегі мөлшері	448	14	1,3	0,077	7,27	950	13,5	0,75	2,18	1260
Тәуліктік норма, мг	400	18	2	0,055	12	800	20	1,5	5	2500
Бидай кебегінің тәуліктік норманы қамту пайызы, %	112	78	65	141	61	119	68	50	44	50

Бидай кебектері Mg, P, Se, PP, Zn, B тобының дәрумендеріне өте бай болып келеді. Олар адам ағзасының дамуы мен жұмысына пайдалы әсер етеді, ақуыздың, май, су-тұз және энергия алмасуын жақсартады. Асқазан, бұлшықет және жүйке жүйесінің жұмысын реттейді. Ағзадан артық токсиндер шығарады, дисбиозбен күреседі, қандағы қантты қалыпқа келтіреді [17].

Екінші кезеңде жұмсақ ірімшік өндірісіндегі негізгі шикізат сиыр сүтінің физика-химиялық қасиеттері анықталды. Зерттеу жұмыстары Астана қаласындағы Сәкен Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының «Сүт және сүт өнімдерін өңдеу» цехында жалпы қабылданған зерттеу әдістері бойынша нормативтік құжаттарға сай жүргізілді. Сиыр сүтінің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері 3-кестеде көрсетілген.

3 кесте – Сиыр сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері

Физика-химиялық көрсеткіштері	Мені
Сүт майы, %	3,78±0,1
Ақуыз, %	3,31±0,05
Құрғақ заттардың массалық үлесі, %	12,24±0,08
Сүт қанты, %	4,84±0,07
ҚМСҚ, %	8,80±0,04
Тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	1028±0,06
Титрлік қышқылдылық, °Т	18±0,5
Белсенді қышқылдылық, рН	6,4
Қату температурасы, минус °С	0,529±0,1

Сиыр сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері анықталғаннан кейін, ұн өндірісіндегі қалдық өнім болып саналатын бидай кебектері қосылған тұздатылған ірімшіктің оңтайлы рецептурасын таңдау үшін өнімнің үш түрлі үлгісі дайындалып алынды. Алынған үш үлгі бойынша бидай кебектері 3%, 5%, 7% мөлшерінде жұмсақ тұздықты ірімшікке қосылды. Бидай кебектерімен байытылған тұздатылған жұмсақ ірімшіктің рецептурасы төмендегі 4-кестеде көрсетілген

4 кесте – Бидай кебегімен байытылған тұзды жұмсақ ірімшіктің рецептурасы

№	Шикізат атауы	Тұздалған ірімшік (бақылау үлгісі), %	Бидай кебегімен байытылған тұзды ірімшік, %		
		Норма	№1 үлгі	№2 үлгі	№3 үлгі
1	Тұтас сиыр сүті	97,97	94,97	90,97	92,97
2	Мәйекті фермент	0,001	0,001	0,001	0,001
3	Мезофилді ұйытқы	0,002	0,002	0,002	0,002
4	CaCl <sub>2</sub>	0,02	0,02	0,02	0,02
5	Бидай кебегі	-	3	7	5
6	Ас тұзы	2	2	2	2

Тұзды жұмсақ ірімшік өндірісінің технологиялық процесі келесі операциялардан тұрады: шикізатты қабылдау 4±2°С, тазалау, салқындату, сүтті 72±2°С температурада пастерлеу, пастерленген сүтті 30-36°С салқындатып, 0,7-1,5% мезофильді ұйытқы, 20-25 мл (100 л сүтке) мәйекті фермент, кальций хлориді 15-20 г (100 л сүтке) қосылады. Сүт 28-33°С температурада 40-70 минут ұйытылады. Дайын ұйытынды тығыз және серпімді болуы керек. Ірімшік өлшемі 10-15 мм шаршы бөліктерге кесіледі. Ұйытынды кесілген соң 10-15 минут тыныштықта қалдырылады және осы кезде 5% ұнтақталған бидай кебегі қосылып, ірімшік дәндерімен 20-30 минут араластырылады. Араластыруды 2-3 рет, 2-3 минуттық үзіліспен жүргізіледі. Сосын ірімшікті арнайы қалыптау ыдыстарына аударып, өздігінен престеуге қалдырады, сосын 5-10 кПа қысымен пневматикалық престерде ықтиярсыз престейді. Қалыпқа келген ірімшік кесектерін салқындағаннан кейін бір күн бойы концентрациясы 18-22% болатын тұзды ерітіндіге салып қояды, тұзды ерітіндінің температурасы 8-12°С аспауы керек. Дайын болған жұмсақ ірімшік кесектері вакуумды қапшықтарға буып-түйіледі [18].

Дайын болған жұмсақ ірімшіктің органолептикалық көрсеткіштері дегустация арқылы бағаланды. Органолептикалық бағалау нәтижесінде № 2 үлгі барлық талаптарға сай деп бағаланды және бидай кебегі 5% қосылған рецептура бойынша дайындалған өнім физико-химиялық қасиеттерін зерттеу орталығы Қазақстан Республикасының Президентінің Іс Басқармасы Медициналық орталығының «Санитарлық-эпидемиологиялық сараптама орталығы» шаруашылық жүргізу құқығындағы РМК зертханасына жіберілді. Зертхана сараптамасының нәтижесімен өнім барлық талаптарға сай деген қорытынды-хаттама алынды,

нәтижесінде бидай кебектерін жұмсақ ірімшік өндірісінде пайдалану арқылы дайындалатын өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығы арттырылатын жаңа өнімнің алынды.

5 кесте – Бидай кебектерімен байытылған тұзды жұмсақ ірімшіктің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы	Сипаттамалар мен нормалар	Нәтижесі	Зертеу әдістеріне қолданылатын НҚ
Сыртқы түрі және консистенциясы	Ірімшікте сыртқы қабаты болмайды	Консистенциясы жұмсақ әрі нәзік және барлығы біркелкі таралған	СТ РК 1732-07
Дәмі және иісі	Таза, сүтқышқылды, орташа тұзды, бөгде дәм мен бөгде иіссіз	Таза, бөгде дәм және бөгде иіссіз	СТ РК 1732-07
Түсі	Ақ түстен әлсіз сарғыш түс аралығында масса бойынша біркелкі	Әлсіз сарғыш түсте масса бойынша біркелкі	СТ РК 1732-07

Зерттеу барысында адам ағзасына қажетті заттардың 90% бидай кебегінің құрамында кездесетіні белгілі болды және негізгі құндылығы ол құрамындағы тағамдық талшықтар. Бидай кебектерінде тағамдық талшықтардың жоғары мөлшерімен қоса, дәрумендер мен минералдар көзі болып табылады, сонымен қатар құрамында алмастырылмайтын және алмастырылатын аминқышқылдарын да қамтиды. Төмендегі 2-ші кестеде 100 г бидай кебегі қосылған (95:5 қатынасында) тұздатылған ірімшіктің тағамдық құндылығы көрсетілген

6 кесте – 100 г бидай кебегі қосылған тұзды жұмсақ ірімшіктің тағамдық құндылығы

Көрсеткіш атауы	Мөлшері
Ақуыз	17,75 г
Майлар	19,15 г
Көмірсулар	0,7 г
Тағамдық талшықтар	2,65 г
Калория	254 Ккал

Бидай кебектерімен байытылған тұздатылған ірімшіктің аминқышқылды құрамы өте жоғары көрсеткіштерді көрсетті. Себебі тұздатылған ірімшікте бидай кебектері де алмастырылмайтын әрі алмастырылатын аминқышқылдарға өте бай болып келеді. Сондықтан бұл екі өнім бір біріне дәрумендік және минералдық құрамы бойынша толықтырушы әрі бір-біріне аминқышқылдардың да мөлшерін арттырушы болып табылады [19].

### Қорытынды

Жұмыста бидай кебектерімен байытылған жұмсақ тұздықты ірімшік өнімдіру технологиясын жетілдіру мақсатында жасалынған рецептура мен жаңа өнім технологиясы ұсынылды. Жұмсақ ірімшіктің тағамдық құндылығын арттыру мақсатында 100 грамм өнім үшін 5%-дық қатынаста бидай кебегі қосылды. Жаңа өнім құрамындағы дәрумендер мен минералды компоненттердің артуымен және алмастырылатын және алмастырылмайтын аминқышқылдармен толықтырылуымен, сондай-ақ тағамдық талшықтардың енгізіуімен ерекшеленеді. Демек бидай кебектерімен байытылған жұмсақ тұзды ірімшік өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру мақсатында пайдалануға болады, сонымен қатар жұмсақ ірімшік өнімдерінің ассортименті кеңейтеді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Ребезов Я.М. Разработка продуктов питания с учетом современных требований / Я.М. Ребезов, О.В. Горелик, Э.К. Оқсханова // МСХ РФ, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева». – 2017. – С. 156-158.
2. Елезова Л.И. Еще раз о пользе молока и кисломолочных продуктов / Л.И. Елезова, Е.Н. Кожевникова, С.В. Николаева; 1999. – С. 103.

3. Нұржанова, А. Сүт және сүт өнімдерін өңдеу технологиясы :оқу құралы / А. Нұржанова; Астана: Фолиант, 2010. – 216 б.
4. Глазачев В.В. Кисломолочные продукты / В.В. Глазачев. – М.: Пищевая промышленность, 1968 – 268 с.
5. Пат. 2655445 С 1 Российская Федерация, МПК А23С 9/127 (2006.01); А23С 9/13 (2006.01). Получение кефира повышенной пищевой ценности / Сухарева Т.Н., Сергиенко И.В., Бабушкин В.А., Порошина Д.Н.; патентообладатель ФГБОУВО «Мичуринский гос.аграр.унив-т»; № 2016149723, заявл. 16.12.2016; опубл. 28.05.2018, Бюл. № 16. – 15 с.
6. Голубева Л.В. Кисломолочный продукт функционального назначения / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, М.И. Иванцова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 2(68). – С. 148-152.
7. Крючкова В.В. Пищевая ценность растительных ингредиентов для обогащения кисломолочного продукта / В.В. Крючкова, С.Н. Белик, О.В. Друкер // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2-2. – С. 74-81.
8. ГОСТ 3622-68. Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию (с Изменением № 1). – Взамен ГОСТ 3622-57; введ. 01.07.1969. – Сб. ГОСТов. – М.: Стандартиформ, 2009.
9. ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. – Введен 01.07.91. – М.: Стандартиформ, 2009. – 13 с.
10. ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. Взамен ГОСТ 3626-47; введ. 01.07.74. – М.: Стандартиформ, 2009. – 15 с.
11. СТ РК 1483-2005 Молоко коровье. Методы испытаний по определению показателей состава и плотности молока. – Введен 01.01.2007. – Астана: Комитет по тех. регулированию и метрологии Мин-ва торговли и индустрии РК, 2005. – 28 с.
12. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – Введен 01.01.1994. – М.: Стандартиформ, 2000. – 8 с.
13. ГОСТ 3627-81. Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия. Взамен ГОСТ 3627-81; введ. 01.01.1982. – М.: Стандартиформ, 2009. – 8 с.
14. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. Введен 01.01.2016. – М.: Стандартиформ, 2015. – 14 с.
15. ГОСТ-33959-2016 Сыры рассольные технические условия. Введен 01.09.2017. – М.: Стандартиформ, 2016.
16. Махаш Н.Е. Өсімдік тектес компоненттерді қолдана отырып, сүтқышқылды өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру // Н.Е. Махаш // Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференция – 2021. – Т.1, Ч.2 – Б.148-150.
17. Мельденберг Д.Н. Разработка методологии комплексной оценки белкового состава молочного сырья и молочной продукции: Дис. ... канд.техн.наук: 05.18.04 / Мельденберг Дарья Николаевна; ФГАНУ «ВНИМИ»; науч. рук. Е.А. Юрьева. – Москва, 2020. – 141 с.
18. Щетенина Е.М. Разработка технологии мягкого сыра на основе козьего молока для функционального питания. Дис. ... канд.техн.наук: 05.18.04 / Щетенина Елена Михайловна; АлтГТУ; науч. рук. И.С. Хамагаева. – Барнаул, 2016. – 158 с.
19. Ходунова О.С. Разработка состава и технологии мягкого сыра с пророщенными зернами овса / О.С. Ходунова, Л.А. Силантьева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2016. – № 1. – С. 100-106.

## References

1. Rebezov YA.M. Razrabotka produktov pitaniya s uchetom sovremennykh trebovaniy / YA.M. Rebezov, O.V. Gorelik, EH.K. Okusphanova // MSKH RF, FGBOU VO «Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya imeni T.S. Mal'tsevA». – 2017. – S. 156-158. (In Russian).
2. Elezova L.I. Eshche raz o pol'ze moloka i kislomolochnykh produktov / L.I. Elezova, E.N. Kozhevnikova, S.V. Nikolaeva; 1999. – S. 103. (In Russian).

3. Nurzhanova, A. Sut zhane sut onimderin ondeu tekhnologiyasy :oku kuraly / A. Nurzhanova; Astana: Foliant, 2010. – 216 b. (In Kazakh).
4. Glazachev V.V. Kislomolochnye produkty / V.V. Glazachev. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1968 – 268 s. (In Russian).
5. Pat. 2655445 S 1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23S 9/127 (2006.01); A23S 9/13 (2006.01). Poluchenie kefira povyshennoi pishchevoi tsennosti / Sukhareva T.N., Sergienko I.V., Babushkin V.A., Poroshina D.N.; patentoobladatel' FGBOUVO «Michurinskii gos.agrar.univ-T»; № 2016149723, zayavl. 16.12.2016; opubl. 28.05.2018, Byul. № 16. – 15 s. (In Russian).
6. Golubeva L.V. Kislomolochnyi produkt funktsional'nogo naznacheniya / L.V. Golubeva, O.I. Dolmatova, M.I. Ivantsova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii. – 2016. – № 2(68). – S. 148-152. (In Russian).
7. Kryuchkova V.V. Pishchevaya tsennost' rastitel'nykh ingredientov dlya obogashcheniya kislomolochnogo produkta / V.V. Kryuchkova, S.N. Belik, O.V. Druker // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 2-2. – S. 74-81. (In Russian).
8. GOST 3622-68. Moloko i molochnye produkty. Otbor prob i podgotovka ikh k ispytaniyu (s izmeneniyem № 1). – Vzamen GOST 3622-57; vved. 01.07.1969. – Sb. GOSTov. – M.: Standartinform, 2009. (In Russian).
9. GOST 5867-90. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya zhira. – Vveden 01.07.91. – M.: Standartinform, 2009. – 13 s. (In Russian).
10. GOST 3626-73 Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya vlagi i sukhogo veshchestva. Vzamen GOST 3626-47; vved. 01.07.74. – M.: Standartinform, 2009. – 15 s. (In Russian).
11. ST RK 1483-2005 Moloko korov'e. Metody ispytaniya po opredeleniyu pokazatelei sostava i plotnosti moloka. – Vveden 01.01.2007. – Astana: Komitet po tekhn. regulirovaniyu i metrologii Minva trgovli i industrii RK, 2005. – 28 s. (In Russian).
12. GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti. – Vveden 01.01.1994. – M.: Standartinform, 2000. – 8 s. (In Russian).
13. GOST 3627-81. Molochnye produkty. Metody opredeleniya khloristogo natriya. Vzamen GOST 3627-81; vved. 01.01.1982. – M.: Standartinform, 2009. – 8 s. (In Russian).
14. GOST 32892-2014 Moloko i molochnaya produktsiya. Metod izmereniya aktivnoi kislotnosti. Vveden 01.01.2016. – M.: Standartinform, 2015. – 14 s. (In Russian).
15. GOST-33959-2016 Syry rassol'nye tekhnicheskie usloviya. Vveden 01.09.2017. – M.: Standartinform, 2016. (In Russian).
16. Makhsh N.E. Osimidik tektes komponentterdi koldana otyryp, sutkyshkyldy onimderdin tagamdyk kundylygyn arttyru // N.E. Makhsh // Kazakstan Respublikasy Tauelsizdiginin 30 zhyldygyna arnalgan «Seifullin okulary – 17: «Kazirgi agrarlyk gylym: tsifryk transformatsiya» atty khalykaralyk gylymi – tazhibelik konferentsiya – 2021. – T.1, CH.2 – B.148-150. (In Kazakh).
17. Mel'denberg D.N. Razrabotka metodologii kompleksnoi otsenki belkovogo sostava molochnogo syr'ya i molochnoi produktsii: Dis. ... kand.tekhn.nauk: 05.18.04 / Mel'denberg Dar'ya Nikolaevna; FGANU «VNIMI»; nauch. ruk. E.A. Yur'eva. – Moskva, 2020. – 141 s. (In Russian).
18. Shchetinina E.M. Razrabotka tekhnologii myagkogo syra na osnove koz'ego moloka dlya funktsional'nogo pitaniya. Dis. ... kand.tekhn.nauk: 05.18.04 / Shchetinina Elena Mikhailovna; AITGTU; nauch. ruk. I.S. Khamagaeva. – Barnaul, 2016. – 158 s. (In Russian).
19. Khodunova O.S. Razrabotka sostava i tekhnologii myagkogo syra s proroshchennymi zernami ovsa / O.S. Khodunova, L.A. Silant'eva // Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv». – 2016. – № 1. – S. 100-106. (In Russian).

#### **А.К. Мустафаева**

Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,  
010011, Республика Казахстан, город Астана, пр. Женис 62  
e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯГКИХ СЫРОВ ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ**

*В предлагаемой статье рассмотрены способы обогащения мягких рассольных сыров растительным сырьем. Наш ежедневный организм должен быть обеспечен продуктами, богатыми витаминами, минералами, жирами и углеводами, белками, а также микро- и макроэлементами,*

пищевыми волокнами. Сегодня среди человечества широко распространены желудочно-кишечные заболевания, диабет, избыточный вес и сердечно-сосудистые заболевания. Пищевые волокна играют важную роль в профилактике или лечении таких заболеваний. Пищевые волокна нормализуют микрофлору пищеварительной системы в организме человека, снижают уровень холестерина в крови, оказывают пребиотическое действие и являются источником энергии, а также способствуют выведению из организма токсинов, тяжелых металлов и радионуклидов. В ходе исследования представлена рецептура и технология производства соленого мягкого сыра с добавлением пшеничных отрубей, которые являются отходом мучного производства. Определены физико-химические свойства коровьего молока, основного сырья для производства сыра, а также количество пищевых волокон в крупах, наличие необходимой суточной нормы витаминов и минеральных веществ в пшеничных отрубях. Результаты исследований показали, что пшеничные отруби содержат, помимо большого количества пищевых волокон, витамины и минералы, а также заменимые и незаменимые аминокислоты. Пищевая и биологическая ценность мягкого сыра, приготовленного с добавлением 5% пшеничных отрубей по предлагаемой рецептуре, оказалась высокой.

**Ключевые слова:** мягкий сыр, пшеничные отруби, витамины, пищевые волокна, рассольный сыр.

**A.K. Mustafayeva**

Kazakh Research Agrotechnical University named after S. Seifullin,  
010011, Astana, Republic of Kazakhstan, 62 Zhenis Ave  
e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru

## **TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF SOFT CHEESE ENRICHED IN PLANT RAW MATERIALS**

*This article discusses methods for enriching soft brine cheeses with vegetable raw materials. Our daily body must be provided with foods rich in vitamins, minerals, fats and carbohydrates, proteins, as well as micro- and macroelements, dietary fiber. Today, gastrointestinal diseases, diabetes, overweight and cardiovascular diseases are widespread among humanity. Dietary fiber plays an important role in the prevention or treatment of such diseases. Dietary fiber normalizes the microflora of the digestive system in the human body, reduces cholesterol levels in the blood, has a prebiotic effect and is a source of energy, and also helps eliminate toxins, heavy metals and radionuclides from the body. The study presents the recipe and technology for the production of salted soft cheese with the addition of wheat bran, which is a waste product from flour production. The physicochemical properties of cow's milk, the main raw material for cheese production, as well as the amount of dietary fiber in cereals and the presence of the required daily requirement of vitamins and minerals in wheat bran were determined. Research results have shown that wheat bran contains, in addition to a large amount of dietary fiber, vitamins and minerals, as well as essential and non-essential amino acids. The nutritional and biological value of soft cheese prepared with the addition of 5% wheat bran according to the proposed recipe turned out to be high.*

**Key words:** soft cheese, wheat bran, vitamins, dietary fiber, brine cheese.

### **Авторлар туралы мәлімет**

**Аяулым Какеновна Мустафаева** – «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9627-7543>.

### **Сведения об авторах**

**Аяулым Какеновна Мустафаева** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9627-7543>.

### **Information about the authors**

**Ayaulym Kakenovna Mustafayeva** – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department «Technology of Food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana city, Republic of Kazakhstan; e-mail: ayaulym.mustafa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9627-7543>.

*Редакцияға енуі 01.04.2024  
Жариялауға қабылданды 08.04.2024*

**А.Б. Намысбаева\*, В.С. Жамурова, А.Т. Кожабергенов**  
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті  
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғ., 28  
\* e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru

## КОНСЕРВИЛЕУДІҢ ӘРТҮРЛІ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ МАРАЛ ПАНТАСЫНЫҢ САПАСЫН АРТТЫРУ

**Аңдатпа:** Бұл мақалада консервілеудің әртүрлі әдістерінің марал панталарының сапасына әсері туралы зерттеу деректері келтірілді. Вакуумдық және инфракызыл өңдеуді қолдану консервілеудің дәстүрлі әдісі – қайнатумен салыстырғанда дайын өнімдегі биологиялық белсенді заттардың едәуір артуына әкелетіні анықталды. Панталарды инфракызыл кептіргішпен кептіру толқын ұзындығы 1,6-2,4 мкм және белсенді желдету кезінде 6 сағат бойы жүргізілді. Вакуумдық кептіру 65 °С температурада төрт сағат бойы 0,094-0,096 Мпа вакуумдық сорғыны пайдаланып орындалды.

Әртүрлі әдістермен консервіленген панта үлгілеріне жүргізілген органолептикалық талдау барысында барлық үлгілердің нормативтік құжаттама талаптарына сәйкес келетіні және ақаулары жоқ екені анықталды. Вакуумдық кептіру және инфракызыл өңдеу арқылы консервіленген панталардың құрамында май мөлшері сәйкесінше – 0,5 және 1,47%, ақуыз – 6,56% (екі үлгі үшін де), кальций – 2,7 және 5,17%, фосфор – 2,13 және 2,44%, мыс – 1,2 және 4,68 мг/кг және мырыш – 15,0 және 23,4 мг/кг.

Инфракызыл және вакуумдық кептіру әдістерін қолдану консервілеу шығындарын арттырмайды. Бірақ көрсетілген әдістердің тиімділігін дәстүрлі әдіспен салыстырғанда өзіндік құнында 55,6%-ға арттыруға мүмкіндік береді. Панталарды консервілеудің заманауи әдістерін қолдана отырып, марал шаруашылығының тиімділігін зерттеу ең тиімді әдіс биологиялық белсенді заттардың көп мөлшері бар өнімді алуға мүмкіндік беретін вакуумдық кептіру екенін көрсетті.

**Түйін сөздер:** марал шаруашылығы өнімдері, панта, биологиялық белсенді қоспа, стандарттау және сертификаттау, вакуумдық кептіру, инфракызыл кептіру, консервілеу.

### Кіріспе

Соңғы жылдары панталардың биохимиялық және емдік қасиеттерін, эндокриндік, ферменттік әсерін және маралдан алынатын арнайы шикізатты зерттеу жұмыстары жалғасын тауып, панталардан өнім алудың жаңа технологиялары жасалды.

Отандық ғалымдардың пантадан алынған дәрілік заттардың фармакологиялық қасиеттерін анықтауға арналған клиникалық зерттеулері оларды бірқатар ауруларды емдеуде қолдану мүмкіндігін дәлелдеді. Мысалы, жүрек-қантaмыр жүйесінің функционалдық бұзылыстары, дистрофия және күш-қуаттың төмендеуі; тәбеттің нашарлауы; туберкулезді бронхоаденит; ерлер мен әйелдердегі менопауза синдромы; қуықасты безінің гипертрофиясы; ерлер белсіздігінің бірқатар белгісі; симптоматикалық және генуиндық эпилепсия; өкпе туберкулезі және т.б. [1].

Марал панталары бағалы табиғи шикізат болып табылады. Пантаның ерекше қасиеттері кездейсоқ емес. Өйткені олардың өсу кезеңінде жануардың ағзасы 25 кг-ға дейін сүйек тінін қалыптастырады. Ешбір жануардың денесі мұндай өсу қарқынын білмейді. Бұл жағдай ағзаның барлық функциялық жүйелеріне айтарлықтай жүктемені және тиісінше реттегіш және қорғаныш сипаттағы заттардың жоғары концентрациясын талап етеді. Марал панталарының құрамы өте алуан түрлі – олардың құрамына амин қышқылдары, коллаген, дәрумендер, макро- және микроэлементтер кіреді. Пантадағы макроэлементтер арасында темір, кальций, магний, натрий, фосфор және калий бар. Пантадағы микроэлементтер марганец, селен, кобальт, мыс және мырыш, сонымен қатар йод болып табылады.

Демек, марал пантасы адам ағзасын емдей алатын бірегей биологиялық қабілеті бойынша ештеңеге ұқсамайтын табиғи шикізат көзі болып табылады.

Адам ағзасының денсаулығы үшін зор маңызы бар марал панталарынан алынатын биологиялық белсенді заттармен дәрі-дәрмектерді Іле-Алатау, Алтай таулары мен

Қатонқарағай өңірінде өндіретін марал шаруашылықтарының орны ерекше. Негізгі өнімдер – аталықтардың панталары – сүйектенбеген марал мүйіздерінен алынады. Панталарды консервілеудің оңтайлы әдісін анықтау мүйіздегі биологиялық белсенді заттардың жақсы сақталуына байланысты панта өнімдерінің сапасын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады [2].

Кесу кезінде пантада шамамен 70-80% су болады. Оларды қайта өңдеу және консервілеу келесі мақсаттарды көздейді:

- сақтау мерзімін ұзарту;
- олардағы биологиялық белсенді заттарды сақтау;
- панталардан олардың әсер етуші негіздерін барынша толық алу үшін жағдай жасау.

Заманауи технологиялар панталардағы биологиялық белсенді заттарды консервациялау мен экстракциялаудың жаңа тәсілдерін әзірлеуге мүмкіндік ашады. Осылайша, марал шаруашылығы саласын тиімдірек етеді. Пантадан өндірілетін өнімдер мен фармакологиялық өнеркәсіп үшін шикізат ассортиментін кеңейтеді. Марал панталарын консервілеудің дәстүрлі әдісі – қайнату. Қайнату – мүйіздер қайнаған суда термиялық өңдеуден өткізілетін процесс. Бұл ретте консервілеудің бұл әдісі кейбір биологиялық белсенді заттардың, мысалы, полипептидтердің, амин қышқылдарының және минералдардың жоғалуына әкелуі мүмкін [3].

Вакуумдық өңдеу жолымен марал панталарын консервілеу кезінде биологиялық белсенді заттардың көп бөлігі сақталып қалады. Вакуумдық әдіс панталардың тағамдық және пайдалы қасиеттерін әлдеқайда тиімді сақтауға мүмкіндік береді. Консервілеу әдісінің арқасында дайын өнімде көбірек қоректік заттар мен микроэлементтерді сақтап қалуға болады.

Инфрақызыл сәулеленумен өңдеу де биологиялық белсенді заттардың сақталуына оң әсер етеді. Консервілеу кезінде инфрақызыл сәулелерді пайдалану пантаны біркелкі және тез қыздыруға мүмкіндік беріп, қоректік заттардың жоғалу ықтималдығын азайтады [4].

Марал панталарын инфрақызыл сәулеленумен кептіру – бұл мүйіздегі ылғалды жою үшін инфрақызыл сәулелену қолданылатын процесс.

Марал панталары дәстүрлі қытай медицинасында кеңінен қолданылады. Олардың құрамында ферменттер, гормондар, амин қышқылдары және дәрумендер сияқты биологиялық белсенді заттардың көп мөлшері бар. Дегенмен марал панталарының ылғалдылығы жоғары болып келеді және олар тез бұзылады.

Марал панталарын кептіру үшін инфрақызыл сәулеленуді пайдалану панталардың пайдалы қасиеттерін айтарлықтай жоғалтпай, ылғалды тиімді және тез жоюға мүмкіндік береді. Инфрақызыл сәулелер мүйіздерге еніп, оларды қыздырады. Бұл ылғалдың булануына ықпал етеді. Аталған процесс біркелкі кептіруді қамтамасыз ете отырып, биологиялық белсенді заттардың жойылуын болдырмайды.

Марал панталарын инфрақызыл сәулеленумен кептіру де экологиялық таза әдіс болып табылады. Өйткені ол қоршаған ортаға зиян тигізуі мүмкін химиялық заттарды қолдануды қажет етпейді.

Дегенмен тиісті қауіпсіздік шаралары сақталмаса, марал панталарын инфрақызыл сәулелену арқылы кептіру қоршаған ортаға ықтимал қауіп төндіруі мүмкін екенін атап өткен жөн. Сондықтан кептіру процесін арнайы жабдықталған бөлмелерде жүргізе отырып, барлық қауіпсіздік ұсыныстарын орындау маңызды.

Осылайша, марал панталарын консервілеу кезінде вакуумдық және инфрақызыл өңдеуді қолдану дайын өнімдегі биологиялық белсенді заттардың мөлшерін арттыруға көмектеседі. Бұл өнімді анағұрлым нәрлі және тұтынуға пайдалы етеді [5].

Консервілеудің оңтайландырылған әдісі өнімнің биологиялық белсенділігі мен емдік қасиеттерін сақтайды. Осы мақсатта мүйіздердің белсенді компоненттерін бекітуге және сақтауға көмектесетін арнайы химиялық заттар қолданылады. Аталмыш әдіс ұзақ сақтау мерзімімен ерекшеленіп, тұрақты қасиеттерге ие консервіленген панталарды алуға мүмкіндік береді.



Қазіргі экстракция әдістері де консервацияның классикалық әдісін толықтырады. Олар мүйізден биологиялық белсенді заттарды барынша тиімді түрде алуға мүмкіндік береді. Бұл үшін әртүрлі еріткіштер мен арнайы өңдеу әдістері қолданылады. Яғни пайдалы компоненттердің көп мөлшері бар жоғары сапалы сығындылар жасалады.

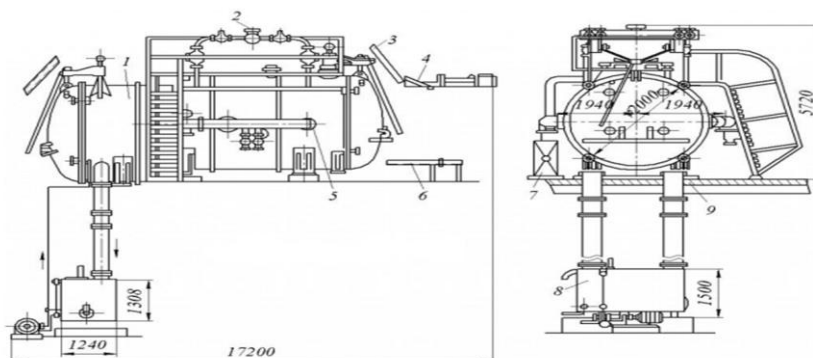
Марал өсіру саласына жаңа технологияларды енгізу өндіріс тиімділігін едәуір арттырып, мүйізден жасалған өнімдердің түрлерін кеңейте түседі. Бұл фармацевтика саласын дамытудың және оның шикізат базасын байытудың жаңа перспективаларын ашады [6].

**Зерттеу мақсаты:** жұмыстың мақсаты өндірістік жағдайларда марал панталарын консервілеудің өзекті әдістерін қолдану тиімділігін бағалау болды. Аталған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер белгіленді:

- шикі мүйізді консервілеудің әртүрлі әдістерінің тиімділігін бағалау;
- дәстүрлі әдіспен консервіленген мүйіздердің сапасын бағалау;
- қайнату, вакуумдық кептіру және инфрақызыл сәулеленумен кептіру арқылы консервілеуге шолу;
- панталарды консервілеудің әртүрлі әдістеріне экономикалық баға беру.

#### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу нысаны әртүрлі әдістермен консервіленген марал панталары болды. Зерттеу әдістері үш түрлі әдісті қамтыды: мүйіздің бірінші үлгісі – дәстүрлі әдіспен (қайнату), екінші үлгісі – вакуумдық кептіру, үшінші үлгісі инфрақызыл кептіру арқылы консервіленді. Панталарды консервілеу үшін мүйізді қайнатуға арналған термо-тельферлер, В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысы (1 сурет) және зертханалық ИК-кептіргіш қондырғысы, жел кептіргіші және Снеж МЛК 700 мұздатқышы пайдаланылды [7].



1 сурет – В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысы

1-суретте В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысының құрылысы және габариттік өлшемдері берілген. В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысы қалыңдығы 10-14 мм шикі және қайнатылған ет тілімдерін немесе қабатының қалыңдығы 25 мм дейінгі тураманы, сондай-ақ сүзбе мен тағы басқа тамақ өнімдерін кептіруге арналған. Қондырғының құрылысы:

- 1 – сублиматор;
- 2 – десублиматорлардың газдық аммиак коллекторы;
- 3 – бұру тетігі;
- 4 – аспалы жолдар;
- 5 – вакуумдық құбыржолдар коллекторы;
- 6 – десублиматорға сұйық аммиак беруге арналған құбыржолдар;
- 7 – гидрожетектің сорғы қондырғысы;
- 8 – еріген мұзды кетіруге арналған сорғысы бар бақ;
- 9 – қыздыру құрылғыларын, тоңазытқыш қондырғыны, электрмен қоректендіру жүйесін, автоматты бақылау жүйесін жылжытуға, процесті реттеуге және басқаруға арналған бағыттауыштар.

В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысының техникалық сипаттамасы:

Буланған ылғал бойынша өнімділігі, кг/тәулік – 2300;

Қаңылтыр табалар ауданы, м<sup>2</sup> – 106,6;  
Қаңылтыр табаның өніммен жүктелуі, кг/ м<sup>2</sup> – 10,5;  
Құрылымдық қуаты, кВт – 628;  
Шығыны:

Су, бір цикл ішіндегі м<sup>3</sup> – 21;

–35 °С температурадағы суық, қДж/сағ – 471 625.

В2-ФСБ вакуумдық сублимациялау қондырғысының габариттік өлшемдері, мм:

Сублиматор – 8490 × 5140 × 4806;

Кептіргіш – 17200 × 5720 × 4806;

Салмағы, кг – 31970.

Эксперименттік бөлім. Зерттеу барысында марал панталарының құрылымы, оларды бағалау және әртүрлі консервілеу әдістерінің сипаттамалары зерттелді. Әртүрлі әдістермен консервіленген панталардың сапасын бағалау үшін олардың биохимиялық талдауы өткізілді. Панталарды кесу стандартты технология бойынша өтті [8]. Стандартты технологияны қолдана отырып, панталарды консервілеу кезінде су ыдыста алдын ала қыздырылады. Кейін пантаны қайнаған, бірақ көпіршікті емес суға батырып, жоғарыдан төмен қарай «мұз» процесіне дейін, кезекпен үш рет жоғары қаратып батыра отырып, 10-15 минут үзіліс жасайды. Бұл әрекеттер екі циклмен қайталаынады. Комель (мүйіздің бас сүйекке тақалған бөлігі) бір рет суға батырылады. Қайнатуды аяқтаған соң, панталар жел кептіргішіне көшіріледі. Онда олар сөрелерге көлденеңінен кесекке қарай бұрышпен орналастырылады. Келесі қайнату сол схема бойынша қайталаынады. Қайнатқаннан кейін панталар 65-70°С температурада алты сағат бойы ыстық кептіргішке орналастырылады. Мұндай қайнату бірнеше күн бойы жүзеге асырылады.

Консервілеу панталардың ылғалдылығы 12% болғанша желмен кептіру арқылы аяқталған соң, оларды кептіріп, спиртпен сүртеді. Панталарды инфрақызыл кептіру оларды кескеннен кейін және мүйіз түбірін ысқылағаннан кейін минус 20-24°С температурада алдын ала мұздатуды қамтиды. Панталардың қалыңдығы 0,5-0,7 мм тіліктерге (медальондарға) кесіледі (2 сурет). Олар торлы кассеталарға салынып, инфрақызыл кептіргішке орналастырылады. Медальондар толқын ұзындығы 1,6-2,4 мкм белсенді желдету арқылы 6 сағат бойы кептіріліп, 18-20°С температурада 12 сағат бойы салқындатылады. Бұл технология пантаның қажетті 12% ылғалдылығын алғанға дейін қайталаынады.

Панталарды консервілеудің екінші бір әдісі термиялық өңдеуді және одан кейін салқындатуды қамтиды. Бұл ретте термиялық өңдеу бу атмосферасында температура 1-1,5 минут ішінде 35°С-тан 85°С-қа дейін көтерілгенде орындалады. Ал салқындату кезеңі бөлме температурасында (15-20 °С) 2-3 минут ішінде жүзеге асырылады. Термиялық өңдеу және салқындату бірнеше рет жүргізіледі. Дегенмен бұл консервілеу әдісі кезінде пантаның құрамындағы биологиялық белсенді заттар жеткіліксіз түрде сақталады.

Панталарды консервілеудің тағы бір әдісі белгілі, ол пантаны (+4) – (-20) °С температурада 7-30 күн бойы алдын ала ұстауды көздейді. Осыдан кейін панталарды атмосфералық қысымда 4 сағат бойы 70-72°С температурада құрғақ жылумен термиялық өңдейді. Уақыт өткеннен кейін ыстық камерадағы температура 40°С-қа дейін төмендетіледі. Панталар жел кептіргішіне көшіріліп, онда 24-72 сағат бойы кептіріледі. Термиялық өңдеуді желде кептірумен кезектестіру 4-5 рет жүргізіледі [9].



2 сурет – Панта тіліктері

Бірақ пантаны консервілеу процесі ұзақ уақытты алады (35 күннен астам). Осы кезде термолабильді биологиялық белсенді заттардың бір бөлігі жоғары температура әсерінен жоғалады.

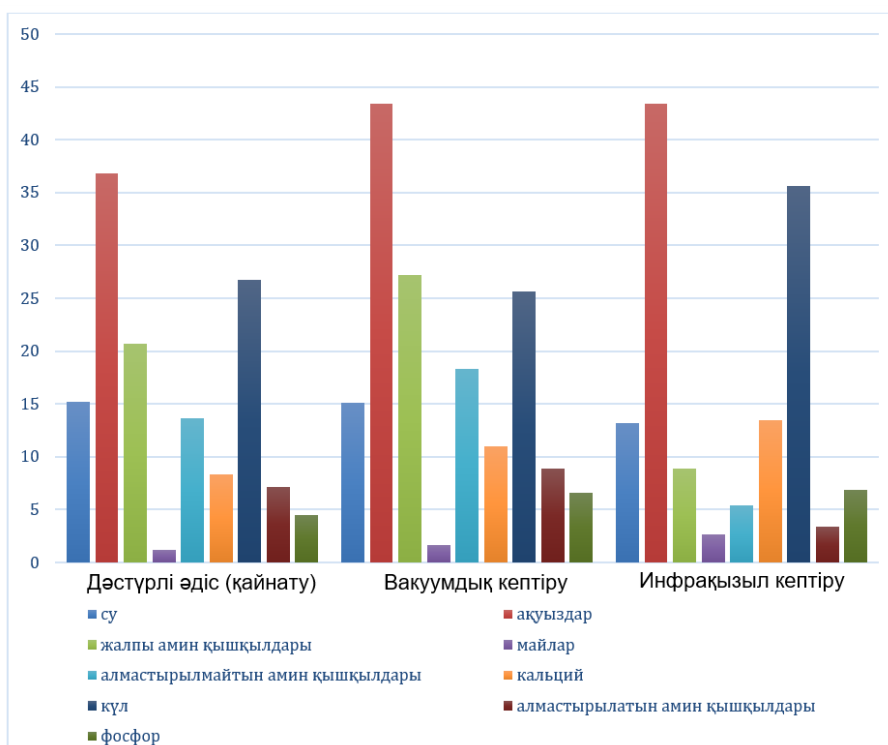
Марал панталарын консервілеудің тағы бір әдісі бар. Бұл консервілеу түрінде панта үш кезеңмен кептіріледі. Бірінші кезеңде пантаны 68-70°C-қа дейін қыздырып, 70-72°C ауа температурасында 4 сағат кептіріп, 48 сағат бойы желдетеді. Аталған циклді 1-ден 3 ретке дейін қайталау қажет.

Екінші кезеңде пантаны 65°C-қа дейін қыздырып, 65-68°C температурада ыстық ауамен кептіру – 4 сағат, желдету арқылы кептіру 48-72 сағат жүргізіледі.

Вакуумдық кептіру вакуумдық кептіргіште, алдын ала жібітіп және көлденеңінен жайып, кейіннен жұмыс температурасы 65°C электр қыздырғыш элементтері – қыздыру элементтерін қосу және вакуум шамасы 0,094–0,096 Мпа вакуумдау арқылы жүзеге асырылады. Автоматты жұмыс режимдерін бақылау үшін вакуумдық кептіргіште термостат және вакуум деңгейінің датчигі бар.

Вакуумдық кептіру 4 сағат ішінде орындалады. Осыдан соң пантаны 12-24 сағат бойы 15-20°C температурада салқындатады. Сонымен қатар бұл процесс панта дайындамаларынан 35-40% ылғал алынғанша қайталанады. Жұмыс температурасының деңгейін 45°C-қа дейін төмендете отырып, термиялық өңдеуді 7 сағат бойы өткізеді. Дайын өнімдегі ылғалдылық 12-19% болғанша бірінші жағдайдағыдай салқындатылып, кептіру процесі тоқтатылады. Вакуумдық консервілеудің жалпы мерзімі 6-9 күнді құрайды.

Үшінші кезеңде кептіру пантаның мөлшеріне байланысты 4-10 күн ішінде жүзеге асырылады [9].



3 сурет – Мүйіз үлгілерінің биохимиялық талдауы

### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, заманауи жабдықты пайдалану барысында дайын панта өнімінің жоғары сапасы сақталады және консервілеу уақыты қысқартылады. 3-суретте панта үлгілерінің биохимиялық зерттеулері көрсетілген. Түрлі әдістермен мүйізді консервілеуден кейін жүргізілген органолептикалық талдау барлық үлгілердің сапасы жағынан МЕМСТ талаптарына сәйкес келетіні анықталды [10].

Үш әдіспен консервіленген панта үлгілерінің биохимиялық талдауы (3 сурет) консервілеудің вакуумдық және инфрақызыл кептіру әдістерінің жалпы химиялық элементтердің, минералдар мен амин қышқылдарының мөлшерін арттырғанын көрсетеді. Дәстүрлі консервілеу әдісімен салыстырғанда вакуумдық және инфрақызыл сәулеленумен кептіру арқылы консервіленген панталардың артықшылығы май құрамы бойынша – тиісінше 0,5 және 1,47%, ақуыз мөлшері бойынша – 6,56% (екі әдіс бойынша), кальций мөлшері бойынша – 2,7 және 5,17%, фосфор бойынша – 2,13 және 2,44% құрады.

Дегенмен инфрақызыл кептіру арқылы консервіленген панта үлгілері амин қышқылдарының деңгейі бойынша дәстүрлі әдіспен консервіленген № 1 үлгілерден төмен болды: алмастырылмайтын – 8,21% және алмастырылатын – 3,62%. Ал вакуумдық кептіру арқылы консервіленген үлгілер № 1 үлгілерден алмастырылмайтын амин қышқылдары бойынша 4,73%-ға және алмастырылатын амин қышқылдары бойынша 1,72%-ға асып түсті.

Амин қышқылдарының жалпы деңгейі бойынша вакуумдық кептіру арқылы консервіленген үлгілер дәстүрлі әдіспен консервіленген панталардан 6,45%-ға асып түсті, ал ИҚ кептіру жолымен өңделген үлгілер бұл көрсеткіш бойынша бақылау үлгілерінен 11,83%-ға төмен болды.

Шығын деңгейі дәстүрлі әдіспен консервіленген бірінші үлгіде – 49%, вакуумдық кептіру арқылы консервіленген екінші үлгіде – 30%, инфрақызыл кептіру арқылы консервіленген үшінші үлгіде 53,5% болды.

Инфрақызыл және вакуумдық кептіру әдістерін қолдану кезінде консервілеу шығындарында ешқандай айырмашылық анықталған жоқ және бұл әдістердің дәстүрлі әдіспен салыстырғанда экономикалық тиімділігі 55,6 % құрады.

### **Қорытынды**

Панталарды консервілеу мен өңдеудің әртүрлі заманауи әдістерін қолдана отырып, марал шаруашылығы өнімдерінің тиімділігін зерттеуге арналған жұмыстың нәтижелері мәнді болды. Консервілеудің ең тиімді әдісі вакуумдық кептіру екені анықталды. Өйткені ол биологиялық белсенді заттардың мөлшері ең жоғары өнімді алуға мүмкіндік береді.

Дегенмен оның тиімділігіне қарамастан, консервілеудің бұл әдісі көптеген марал шаруашылықтарында оны кеңінен енгізуді қиындататын кейбір шектеулерге ие екенін атап өткен жөн. Біріншіден, вакуумдық кептіру шаруашылықта электр қуатын қажет етеді. Бұл энергетикалық инфрақұрылымы жақсы дамымаған шалғай аудандарда оны жүзеге асыруға айтарлықтай кедергі болуы мүмкін.

Сонымен қатар вакуумдық кептіру арнайы қымбат жабдықты пайдалануды талап ететінін атап өткен жөн. Сондай-ақ көптеген марал шаруашылықтары үшін оның қолжетімділігін шектейді. Бұл, әсіресе, қаржылық ресурстардың шектеулі болуына байланысты мұндай жабдықты сатып ала алмайтын шағын және орта кәсіпорындар үшін қиын.

Осылайша, марал панталарын консервілеуде вакуумдық кептірудің жоғары тиімділігіне қарамастан, оның практикалық қолданылуына әсер етуі мүмкін бірқатар шектеулерді ескеру қажет. Дегенмен марал шаруашылықтары үшін қолжетімді және үнемді болуы мүмкін консервілеудің басқа әдістері де бар. Осы бағыттағы зерттеулерді одан әрі жүргізу соңғы өнімдегі биологиялық белсенді заттардың максималды қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бар шектеулерді ескере отырып, панталарды өңдеудің ең оңтайлы әдістерін анықтауға мүмкіндік береді.

### **Әдебиеттер тізімі**

1. Луницын В.Г. Безотходная технология переработки продукции пантового оленеводства / В.Г. Луницын, А.А. Неприятель // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 5. – С. 83-91.
2. Луницын В.Г. Новые продукты функционального питания на основе продукции мараловодства / В.Г. Луницын, А.А. Неприятель // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – № 4. – С. 87-92.
3. Луницын В.Г., Белозерских И.С. Анализ биохимического состава биосубстанций полученных ферментативным гидролизом в поле ультразвука / В.Г. Луницын, И.С. Белозерских // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. ВНИИПО. – Барнаул, 2016. – Т. 9. – С. 139-142.

4. Кильмаев А.А. Исследование ферментативного гидролиза малоценного рыбного сырья в технологии получения белковых продуктов / А.А. Кильмаев, Р.Г. Разумовская // Вестн. АГТУ. – 2007. – № 3. – С. 120-123.
5. Курбанова М.Г. Роль ферментов в пищевых технологиях / М.Г. Курбанова, О.М. Соболева, Е.О. Добрынина // Вестн. Кемеров. гос. с.-х. ин-та. – 2011. – № 4. – С. 191-199.
6. Подбор параметров гомогенного диспергирования для переработки второстепенного сырья пантового оленеводства / А.И. Королькова и др. // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 8. – С. 159-164. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-159-164.
7. Черемных Е.Г. Биотестирование пищевых добавок на инфузориях / Е.Г. Черемных, А.В. Кулешин, О.Н. Кулешина // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 3. – С. 5-12.
8. Богданов В.Д. Исследование безопасности и биологической ценности сухого концентрата трепанга биотестированием / В.Д. Богданов, О.В. Сахарова, Т.Г. Сахарова // Науч. тр. Дальрыбвту-за. – Владивосток, 2016. – Т. 37. – С. 93-98.
9. Пат. 2291701 С2 Российская Федерация, МПК А61К 35/32, А01N 1/02. Способ переработки пантов маралов и северных оленей в ультрадисперсный порошок / Гречко Г.М., Нерушай С.А., Иванков А.И.; патентообладатель ОАО «Эксириус»: заявл. 22.10.2004; опубл. 20.01.2007, Бюл. № 2. – 11 с.
10. Шәкібаева Г.Х. Метрология, стандарттау және сертификаттау негіздері: оқу құралы / Г.Х. Шәкібаева. – Алматы: Қазақ университеті, 2012 – 242 б.

### References

1. Lunitsyn V.G. Bezotkhodnaya tekhnologiya pererabotki produktsii pantovogo olenevodstva / V.G. Lunitsyn, A.A. Nepriyatel' // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 5. – S. 83-91. (In Russian).
2. Lunitsyn V.G. Novye produkty funktsional'nogo pitaniya na osnove produktsii maralovodstva / V.G. Lunitsyn, A.A. Nepriyatel' // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2017. – № 4. – S. 87-92. (In Russian).
3. Lunitsyn V.G., Belozerskikh I.S. Analiz biokhimicheskogo sostava biosubstantsii poluchennykh fermentativnym gidrolizom v pole ul'trazvuka / V.G. Lunitsyn, I.S. Belozerskikh // Problemy pantovogo olenevodstva i puti ikh resheniya: sb. nauch. tr. VNIPO. – Barnaul, 2016. – Т. 9. – S. 139-142. (In Russian).
4. Kil'maev A.A. Issledovanie fermentativnogo gidroliza malotsennogo rybnogo syr'ya v tekhnologii polucheniya belkovykh produktov / A.A. Kil'maev, R.G. Razumovskaya // Vestn. AGTU. – 2007. – № 3. – S. 120-123. (In Russian).
5. Kurbanova M.G. Rol' fermentov v pishchevykh tekhnologiyakh / M.G. Kurbanova, O.M. Soboleva, E.O. Dobrynina // Vestn. Kemerov. gos. s.-kh. in-ta. – 2011. – № 4. – S. 191-199. (In Russian).
6. Podbor parametrov gomogenного dispergirovaniya dlya pererabotki vtorostepenного syr'ya pantovogo olenevodstva / A.I. Korol'kova i dr. // Vestnik KraSGAU. – 2022. – № 8. – S. 159-164. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-159-164. (In Russian).
7. Cheremnykh E.G. Biotestirovanie pishchevykh dobavok na infuzoriyakh / E.G. Cheremnykh, A.V. Kuleshin, O.N. Kuleshina // Vestn. RUDN. Ser. Ekhologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2011. – № 3. – S. 5-12. (In Russian).
8. Bogdanov V.D. Issledovanie bezopasnosti i biologicheskoi tsennosti sukhogo kontsentrata trepanga biotestirovaniem / V.D. Bogdanov, O.V. Sakharova, T.G. Sakharova // Nauch. tr. Dal'rybvtu-za. – Vladivostok, 2016. – Т. 37. – S. 93-98. (In Russian).
9. Pat. 2291701 S2 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A61K 35/32, A01N 1/02. Sposob pererabotki pantov maralov i severnykh oleney v ul'tradispersnyi poroshok / Grechko G.M., Nerushai S.A., Ivankov A.I.; patentoobladatel' ОАО «EhksiriuS»: zayavl. 22.10.2004; opubl. 20.01.2007, Byul. № 2. – 11 s. (In Russian).
10. Shәkibaeva G.KH. Metrologiya, standarttau zhәне sertifikattau negizderi: оқу құралы / G.KH. Shәkibaeva. – Almaty: Қазақ университеті, 2012 – 242 б. (In Kazakh).

**А.Б. Намысбаева\*, В.С. Жамурова, А.Т. Кожабергенов**  
Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 28  
\*e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАНТОВ МАРАЛА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ КОНСЕРВИРОВАНИЯ**

*В данной статье приведены данные исследования, посвященного влиянию различных методов консервирования на качество пантов марала. Определено, что применение вакуумной и инфракрасной обработки приводит к значительному повышению содержания биологически активных веществ в готовом продукте в сравнении с традиционным методом консервирования – варкой. Инфракрасное высушивание пантов проводилось в течение 6 часов при использовании длины волны 1,6-2,4 мкм и активной вентиляции. Вакуумная сушка выполнялась при температуре 65°C в течение четырех часов с использованием вакуумного насоса с величиной вакуума 0,094-0,096 Мпа.*

*Проведенный органолептический анализ образцов пантов, консервированных разными способами, выявил, что все образцы соответствуют требованиям нормативной документации и не имеют дефектов. Панты, консервированные с помощью вакуумной сушки и инфракрасной обработки, имеют преимущество по содержанию жира – 0,5 и 1,47% соответственно, белка – 6,56% (для обоих образцов), кальция – 2,7 и 5,17%, фосфора – 2,13 и 2,44%, меди – 1,2 и 4,68 мг/кг и цинка – 15,0 и 23,4 мг/кг.*

*Использование методов инфракрасной и вакуумной сушки не увеличивает затраты при консервировании, а позволяет увеличить эффективность данных методов на 55,6 % в себестоимости по сравнению с традиционным методом. Исследование эффективности мараловодства с применением современных методов консервирования пантов показало, что наиболее эффективным способом является вакуумная сушка, позволяющая получить продукт с наибольшим содержанием биологически активных веществ.*

**Ключевые слова:** продукция мараловодства, панты, биологически активная добавка, стандартизация и сертификация, сублимация, консервирование.

**A.B. Namysbayeva\*, V.S. Zhamurova, A.T. Kozhabergenov**  
Kazakh National Agrarian Research University  
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty, Abai Avenue, 28  
\* e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru

## **IMPROVING THE QUALITY OF MARAL ANTLERS THROUGH THE USE OF VARIOUS CONSERVATION METHODS**

*This article presents the data of a study on the influence of various canning methods on the quality of maral antlers. It has been determined that the use of vacuum and infrared processing leads to a significant increase in the content of biologically active substances in the finished product in comparison with the traditional method of canning – cooking. Infrared drying of antlers was carried out for 6 hours using a wavelength of 1,6-2,4 μm and active ventilation. Vacuum drying was carried out at a temperature of 65 °C for four hours using a vacuum pump with a vacuum value of 0,094-0,096 MPa.*

*An organoleptic analysis of samples of antlers preserved in different ways revealed that all samples meet the requirements of regulatory documentation and have no defects. Antlers preserved using vacuum drying and infrared processing have an advantage in fat content – 0,5 and 1,47%, respectively, protein – 6,56% (for both samples), calcium – 2,7 and 5,17%, phosphorus – 2,13 and 2,44%, copper – 1,2 and 4,68 mg/kg and zinc – 15,0 and 23,4 mg/kg.*

*The use of infrared and vacuum drying methods does not increase the cost of canning, but makes it possible to increase the efficiency of these methods by 55,6% in cost compared to the traditional method. A study of the effectiveness of maral breeding using modern methods of preserving antlers has shown that the most effective method is vacuum drying, which makes it possible to obtain a product with the highest content of biologically active substances.*

**Key words:** maral breeding products, antlers, biologically active additive, standardization and certification, sublimation, canning.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Амина Болатовна Намысбаева\*** – «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0998-331X>.

**Венера Серикбаевна Жамурова** – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhamurova@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0972-2785>.

**Акылжан Туралыевич Кожаберженов** – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: kozhabergenov79@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5963-1435>.

#### Сведения об авторах

**Амина Болатовна Намысбаева\*** – докторант кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0998-331X>.

**Венера Серикбаевна Жамурова** – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: zhamurova@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0972-2785>.

**Акылжан Туралыевич Кожаберженов** – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет, город Алматы, Республика Казахстан; e-mail: kozhabergenov79@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5963-1435>.

#### Information about the authors

**Amina Namysbayeva\*** – Doctoral student of the Department of Technology and safety of food products; Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: namysbayeva\_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0998-331X>.

**Venera Zhamurova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and safety of food products; Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhamurova@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0972-2785>.

**Akylzhan Kozhabergenov** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and safety of food products; Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: kozhabergenov79@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5963-1435>.

Редакцияға енуі 11.02.2024

Өңдеуден кейін түсуі 01.04.2024

Жариялауға қабылданды 02.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-32

IRSTI: 65.09.03



**Zh.A. Abish<sup>1</sup>, R.S. Alibekov<sup>1</sup>, G.E. Orymbetova<sup>2\*</sup>, A.A. Utebaeva<sup>1</sup>, E.V. Sysoeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent City, Tauke khan avenue, 5

<sup>2</sup>South Kazakhstan Medical Academy,  
Republic of Kazakhstan, Shymkent, Al-Farabi Square, 1/1

<sup>3</sup>Kazan National Research Technological University,  
420015, Russian Federation, Kazan, 6 Karl Marx Street

\*e-mail: orim\_77@mail.ru

## CHARACTERISTICS OF MILK WHEY BASED MOUSSE

**Annotation:** Now consumer interest in the use of natural ingredients and products in nutrition for therapeutic purposes is increasing. Such kind of the products include milk whey. In our country, they are produced in limited quantities. In connection with such recommendations, it is necessary to look for ways and means of solving the problems of rational processing of secondary raw materials by developing functional foods. This paper shows results of the textural analyses, sensory evaluation and some physicochemical parameters, also content or mineral elements of the developed mousse samples based on milk whey. For the

stabilization and to reach foamy consistency were used pectin and agar. From the results of texture analyzer, sample with the use of pectin as a fixative, the mousse becomes more resistant to mechanical stress, and the strength of the mousse increases. The peak strength of the sample was 1,605 N. The sample with pectin has an elasticity – 1,569 N, the viscosity is – 1,448 N. It can be established that the sample with pectin has a more delicate consistency. Based on the study's findings, it can be noted that all physicochemical indicators are acceptable, according to the standards. The results shows that the composition of whey-based mousse samples contains basic microelements. For mousse with pectin are carbon – 12,45%, potassium – 14,14%, sodium – 10,84% and phosphorus – 9,10%, calcium – 8,33% of the total mineral content. For mousse with agar are carbon – 18,97%, potassium – 15,99%, sodium – 9,20% and chlorine – 6,93%, phosphorus – 7,39%, calcium – 5,23% of the total mineral content.

**Key words:** mousse, stabilizers, secondary raw materials, whey, black currant, functional ingredients.

## Introduction

Numerous research organizations are actively engaged in developing novel products from secondary raw materials to effectively preserve bioactive compounds for subsequent utilization by food industry entities. Given emerging trends, exploring the potential and viability of producing products derived from cottage cheese whey is both scientifically and practically intriguing. A persistent issue encountered across dairy facilities, particularly those involved in cottage cheese and cheese production, is the generation of waste-whey. It's worth noting that whey, in its composition, aligns well with the principles of balanced and nutritious consumption [1,2].

In the production of dessert dairy products, milk processing products are used, such as buttermilk, curd whey, sour cream, skimmed milk. Various pre-packaged desserts such as dairy and non-dairy jellies, creams, and puddings have been developed and incorporated into dietary practices internationally. In Switzerland, a technique is employed to create a sweet dairy dessert consisting of two layers: a lower layer of fruit and an upper layer composed of a dairy product like yogurt. Agar is introduced into the mixture to solidify the structure of the upper layer. The dairy component is derived from skimmed milk [3]. Dessert manufacturing involves the use of stabilization systems, which offer colloidal protection to the protein, enabling heat treatment in an acidic environment, providing a specific viscosity to the product, and safeguarding it against separation during storage. It is recommended to utilize pectins and starch in this process. Pectin's prebiotic attributes stem from its ability to serve as a growth medium for the native flora of the human gastrointestinal tract, which includes up to 90% bifidobacteria [4]. Mousse more often than not utilizing topping cream, which is prepared into whipped cream at that point included new dairy drain and with a bit of gelatin as a binder [5].

Canistle contains special nutrients, so it has potential as a functional food. One way to use fruit is to process it into innovative foods, such as dessert mousse. The aim was to investigate the differences in foam quality using animal and vegetable recipes treated with a gelatin stabilizer substitute [6,7]. This article describes the production technique and quality of the «Protein Tiramisu» dessert. Protein Tiramisu is made from milk protein concentrate, a new type of non-traditional protein-rich raw material, characterized by an increased content of all essential amino acids, a better balance of amino acid composition and an optimal correlation of essential amino acids [8]. Ready to eat whipped chocolate dairy desserts can have many nutritional and sensory advantages over home made desserts, with fresh taste, digestibility and higher vitamin level. Therefore studies were carried out to formulate Chocolate dairy Mousse with good sensory appeal. Three samples were prepared by changing level of Sugar as 12%, 14,5%, 16%, while keeping other ingredients constant. Organoleptic qualities of samples were evaluated with 25 experienced taste panel using nine hedonic scales [9].

In this paper authors provide that aerated dairy desserts have demonstrated considerable market promise, and mousse, characterized by its stabilized foamy structure, has transitioned from a traditionally homemade treat to being industrially manufactured on a large scale, steadily claiming its share in the dessert market [10]. Although there is no specific legislation about physical-chemical standards for the product, all the values found were similar to similar studies. Since developing and publishing results of new products for people with nutritional restrictions is of extreme necessity for the food manufacture [11]. Agar, a gelatinous polysaccharide found in the cell walls of numerous red algal species, is commonly employed as a gelling, thickening, and stabilizing agent. It boasts a



significant soluble fiber content and has been demonstrated to slow gastric emptying (GE) while not affecting glycemic response [12].

Authors provide that black currant has notable levels of ascorbic acid ranging from 50 to 280 mg. per 100 g. or 300 mg. per 100 ml. of juice, coupled with a rich flavonoid content, these berries exhibit enhanced antioxidant capacity. This combination augments their potential to offer health benefits, with the antioxidant properties of BC mainly attributed to its phenolic compounds. [13]. Studies showed very strong biological activity, including inhibition of cell proliferation, in addition to antimutagenic, antimicrobial, anti-inflammatory, anti-cancer and antihypertensive properties [14].

The aim of the work was to determine the expediency of replacing standard traditional high-calorie confectionery products with dietary functional sweet dishes of reduced calorie content mousses based on whey. The novelty of the work was to expand the range of mousse desserts through the use of secondary dairy raw materials, in particular whey and using of agar and pectin as a stabilization system.

### **Research methods**

The main object of the study is a mousse based on whey. During the work, 2 samples with different stabilizers were developed. In the course of research, agar and pectin were introduced in the form of stabilization systems to preserve the foam-like structure of the mousse. Black currant was used as a berry raw material.

Description of the technological process preparation of mousse samples. Soak the stabilizer (agar-agar and pectin) in water. Bring the whey to a boil, add sugar, pour a stabilizer (agar-agar or pectin) and add pre-cooked black currant puree, after boil for 2 minutes. Strain the obtained mass. Then cool the mass and beat with a mixer for 10-15 minutes, until it doubles in volume and brightens.

The acidity of the mousse was determined according to GOST 5898-87 «Confectionery products. Methods for determining acidity and alkalinity» [15]. The texture analysis of mousse samples was performed on a Lamy rheology Texture analyzer TX-700 device. Mousse samples stored at  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  were placed in the center under a cylindrical probe. The tests were carried out at an ambient temperature of  $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ . The speed of the probe was 5 mm/s. The depth of immersion was 10 mm. The organoleptic evaluation was performed using GOST 18488-2000 «Food concentrates of sweet dishes. General specifications» [16].

### **Research results**

Traditionally, the technology of mousse production is based on the use of water, in this work we used whey to create functional products. This technological approach was based on the prospects of using whey for food purposes, which is due to a number of factors: the properties and composition of whey, its relative cheapness and accessibility, and the solution of an environmental problem [17].

Considering whey as the perspective basis of mousse having high nutrition and biological value, with purpose of improvement of the production technology of the whipped products, we have conducted researches on studying of frequency rate and stability of foams of the whipped mousses depending on type of foamers and conditions of whipping, in view of, shortcomings of traditionally used foamers. Formation of foam in the products happens, thanks to foam-forming ability of whey proteins [19].

During the experimental work, two mousse samples were developed, the first using pectin and the second with agar as a stabilizing agent.

The results of the sensory evaluation of mousse prototypes according to GOST 18488-2000 [16] are shown in Table 1.

Based on the data in the table, It can be stated that the sensory parameters of both samples of whey-based mousse correspond to GOST 18488-2000 [15] have a homogeneous foamy whipped mass and retain their shape well. A mousse sample using agar has a denser consistency compared to a mousse sample using pectin as a fixative, stabilizing agent.

The results of the mass fraction of titrated acids (in terms of citric acid) and pH, as well as the mass fraction of moisture content of whey-based mousse samples are presented in Table 2.

Table 1 – Sensory parameters mousses based on milk whey

Name	Mousses with pectin	Mousse with agar	GOST 18488-2000
Appearance	Foam-like solidified mass well beaten into foam, retains its shape	Foam-like solidified mass well beaten into foam, retains its shape	Characteristic of the corresponding dishes prepared in the usual culinary way
Colour	The burgundy color is characteristic of added berry	The rich burgundy color is characteristic of added berry	Characteristic of the corresponding dishes prepared in the usual culinary way
Smell and taste	The smell is berry, the taste is moderately sweet and sour. Without of foreign odors and flavors	The smell is berry, the taste is moderately sweet and sour, moderately tart is inherent in the berry. without of foreign odors and flavors	Characteristic of the corresponding dishes prepared in the usual culinary way
Consistency	Elastic lush delicate	Elastic, lush, delicate, slightly dense	Foamy, homogeneous

Table 2 – Physicochemical parameters mousses based on milk whey

Name	Mousses with pectin	Mousse with agar
Titrated acidity, %	1,3	1,2
pH,psc	3,5±0,5	3,68±0,5
Mass fraction of humidity, %	74,35	76,42

From the data that shown in the table, It is important to observe that the acidity level of the 1st mousse sample was – 1,3%; the 2nd sample was – 1,2%. Based on the findings of the research, it can be observed that all three indicators are acceptable, according to the standards. The results of texture analysis of mousse samples based on milk whey is depicted in the figure 1.

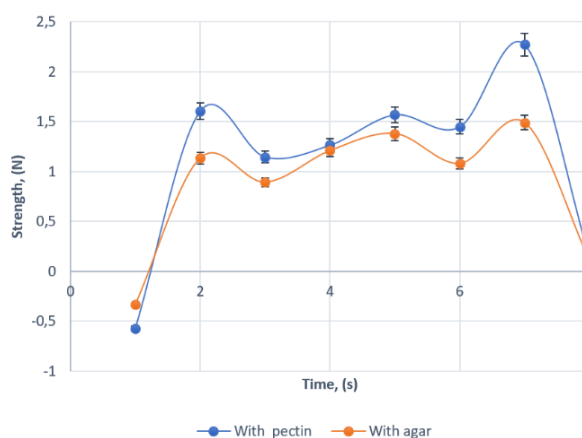


Figure 1 – Textural characteristics of whey-based mousse samples

The texturometer readings in figure 1 indicate that with the use of pectin as a fixative, the mousse becomes more resistant to mechanical stress, and the strength of the mousse increases. As depicted in figure 1, the force continues to increase until the mousse structure breaks. The peak strength of the sample was – 1,605 N, the sample with agar was – 1,134 N. The sample with pectin has an elasticity – 1,569 N, the viscosity is – 1,448 N, and the chewiness was – 2,272. The sample with agar has an elasticity of – 1,380 N, viscosity – 1,080 N and chewiness – 1,490. From the aforementioned, it can be concluded that the sample with pectin has a more delicate consistency. Figure 2 shows spectrograms of whey-based mousse samples using pectin and agar as a fixative and stabilizer.

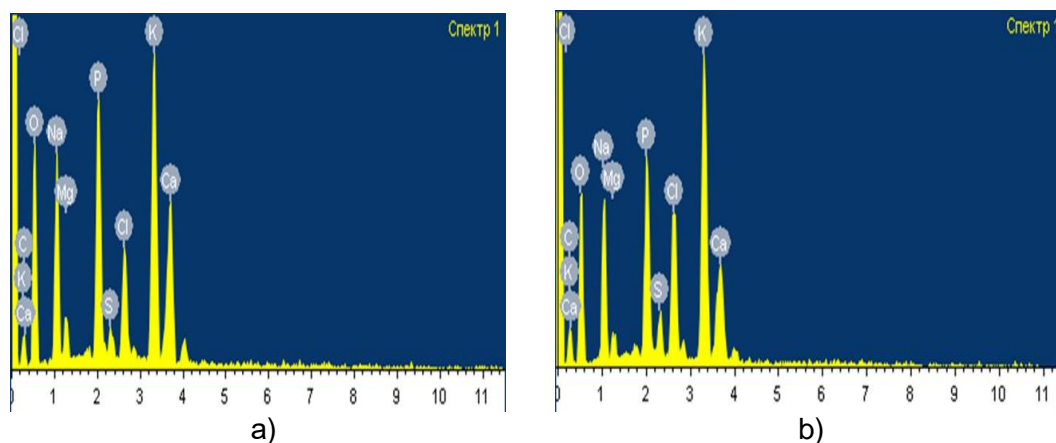


Figure 2 – Spectrograms of mousse with pectin (a) and mousse with agar (b)

The results of processing the experimental data shown in figure 2 in the form of a table are displayed in Table 3.

Table 3 – The mineral element composition of mousses made from milk whey

Name	The content of mineral elements, %								
	C	O	Na	Mg	P	S	Cl	K	Ca
Mousse with pectin	12,45	38,02	10,84	1,91	9,10	0,98	4,23	14,14	8,33
Mousse with agar-agar	18,97	33,48	9,20	1,18	7,39	1,64	6,93	15,99	5,23

The results of tabulated data reveals that the composition of mousse samples based on whey contains an adequate amount of essential mineral elements enter the human body. It can be noted that the major elements of the mousse with pectin are carbon – 12,45%, potassium – 14,14%, sodium – 10,84% and phosphorus – 9,10%, calcium – 8,33% of the total mineral content. For mousse with agar are carbon – 18,97%, potassium – 15,99% sodium – 9,20% and chlorine – 6,93%, phosphorus – 7,39%, calcium – 5,23% of the total mineral content. Thus, based on the study of the mineral composition, it can be argued that mousse based on whey can expand the range of desserts for functional purposes in the food industry. In addition to producing a new product, the production of aerated desserts increases the power of consumer choice and increases profitability for the producer and can effectively contribute to the growth of the industrial economy [18].

#### Discussion of scientific results

Nowadays, the production of functional products is an urgent task of the food industry. All over the world, on a large scale, there is constant work on the development and creation of new functional food products with a broad spectrum of uses, as well as a certain focus on biotope, system, disease. Whey, boasting a low energy content but high biological value, serves as a rich source of essential nutritional elements. Hence, it is recommended for utilization as a foundation for the creation of products with functional attributes. One promising avenue for whey usage is in producing items enriched with functional ingredients, imparting preventive properties against various diseases such as those affecting the digestive system, cardiovascular system, and diabetes. The array of products derived from whey is extensive, predominantly comprising beverages, so it can be established that desserts based on whey are one of the promising directions. Mousse based on whey to diversify the selection of desserts for functional purposes.

#### Conclusion

The studies carried out showed the following results:

- the sensory evaluation provide that mousse samples based on milk whey have foam-like solidified mass well beaten into foam, retains its shape and without any foreign taste and smell.

The results of physicochemical parameters of mousses were have been showed that all indicators of the samples comply with the standards.

The texture analyzer readings indicate that with the use of pectin as a fixative, the mousse becomes more resistant to mechanical stress, and the strength of the mousse increases. The peak strength of the sample was 1,605 N. The sample with pectin has an elasticity – 1,569 N, the viscosity

is – 1,448 N, and the chewiness was – 2,272. Established that the sample with pectin has a more delicate consistency.

Both samples of mousses are rich in basic macroelements. For mousse with pectin are carbon – 12,45%, potassium – 14,14%, sodium -10.84% and phosphorus – 9,10%, calcium – 8,33% of the total mineral content. For mousse with agar are carbon – 18,97%, potassium – 15,99% sodium – 9,20% and chlorine – 6,93%, phosphorus – 7,39%, calcium – 5,23% of the total mineral content.

According to the totality of studies, it was decided that mousse based on whey with pectin is a promising product.

### Список литературы

1. The prospects of using milk whey / Zh.A. Abish et al // Proceedings international scientific-practical conference: «Auezov readings–21: new kazakhstan – the future of the country» dedicated to the 80th anniversary of M. Auezov south kazakhstan university – Shymkent: M. Auezov SKU, 2023.
2. Characterisation and processing alternatives of milk whey / Zh.A. Abish et al // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences. – 2024. – №. 1(13).
3. Назаренко Т.А. Разработка многокомпонентной рецептуры и способа производства десертного пудинга / Т.А. Назаренко // Вестник ИНЕУ. – 2012. – № 2. – С. 92-95.
4. Гаврилова Н.Б. Научные и практические аспекты технологии производства молочно-растительных продуктов: Монография / Н.Б. Гаврилова и др. – Омск: Издательство ОмГАУ, 2006. – 336 с.
5. Panji D.D. Pemanfaatan Buah Nangka Sebagai Substitusi Gula Dan Lemak Nabati Pada Mousse 2019 / D.D. Panji, V. Octaviany, D. Gusnadi // eProceedings of Applied Science. – 2019. – Т. 5, №. 3.
6. Characteristics Of Vegetable Canistel Mousse Dessert (Pouteria campechiana) Using Polysaccharide Stabilizer / E. Hesthiati et al // Proceedings of the 6th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Monterrey, Mexico, 2021/ – № 3. <https://doi.org/10.46254/NA06.20210634>.
7. Deinychenko L. Technology and quality of whipped desserts based on milk-protein concentrate / L. Deinychenko // Редакційна колегія. – 2018. – С. 189.
8. Dahanayaka T.P. J. Formulation and sensory evaluation of ready to eat whipped chocolate dairy dessert.(chocolate mousse): дис. – 2004.
9. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse / L.C. Aragon-Alegro et al. // LWT-Food Science and technology. – 2007. – Т. 40, № 4. – С. 669-675.
10. Preparation of milk dessert type mousse type sweet potato flavor (ipomoea potatas l) / Menezes L.M.F. et al // No lactose and no added sugar. – 2021.
11. Factors affecting yield and gelling properties of agar / W.K. Lee et al // Journal of Applied Phycology. – 2017. – Т. 29. – С. 1527-1540. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1009-y>.
12. Clegg M.E. The effect of agar jelly on energy expenditure, appetite, gastric emptying and glycaemic response / M.E. Clegg, A. Shafat // European journal of nutrition. – 2014. – Т. 53. – С. 533-539.
13. Cortez R.E. Blackcurrants (Ribes nigrum): A review on chemistry, processing, and health benefits / R.E. Cortez, E. Gonzalez de Mejia // Journal of food science. – 2019. – Т. 84, №. 9. – С. 2387-2401. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14781>.
14. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (Ribes nigrum L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system / S.M. Paunović et al // Scientia Horticulturae. – 2017. – Т. 222. – С. 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.015>.
15. ГОСТ 5898-87. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. – Москва: Стандарт информ, 2012. – 10 с.
16. ГОСТ 18488-2000. Концентраты пищевые сладких блюд. Общие технические условия. – Минск: Межгос-й совет по стандарт., метрол. и сертификации, 2000. – 8 с.
17. Взбитый десерт на основе молочной сыворотки с пищевыми волокнами Citri-Fi / Е.А. Плеханова и др. // Техника и технология пищевых производств – 2014. – Т. 1, № 32. – С. 73-77.

18. Optimization of Formulation for Aerated Dessert Containing Whey Protein and Xanthan Gum Concentrate using Response Surface Methodology and Investigation on Rheological and Texture Properties / P. Sara et al // *Research and Innovation in Food Science and Technology*. – 2022. – Т. 1, № 16. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2020.254462.1192>.
19. Mousse from caseic whey / M. Kassymova et al // *Научный журнал «Доклады НАН РК»*. – 2021. – № 6. – С. 50-57.

### References

1. The prospects of using milk whey / Zh.A. Abish et al // *Proceedings international scientific-practical conference: «Auezov readings–21: new kazakhstan – the future of the country» dedicated to the 80th anniversary of M. Auezov south kazakhstan university – Shymkent: M. Auezov SKU, 2023. (In English).*
2. Characterisation and processing alternatives of milk whey / Zh.A. Abish et al // *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. – 2024. – № 1(13). (In English).
3. Nazarenko T.A. Razrabotka mnogokomponentnoi retseptury i sposoba proizvodstva desertnogo pudinga / T.A. Nazarenko // *Vestnik INEU*. – 2012. – № 2. – С. 92-95. (In Russian).
4. Gavrilova N.B. Nauchnye i prakticheskie aspekty tekhnologii proizvodstva molochno-rastitel'nykh produktov: Monografiya / N.B. Gavrilova i dr. – Omsk: Izdatel'stvo OMGU, 2006. – 336 s. (In Russian).
5. Panji D.D. Pemanfaatan Buah Nangka Sebagai Substitusi Gula Dan Lemak Nabati Pada Mousse 2019 / D.D. Panji, V. Octaviany, D. Gusnadi // *eProceedings of Applied Science*. – 2019. – Т. 5, № 3. (In English).
6. Characteristics Of Vegetable Canistel Mousse Dessert (Pouteria campechiana) Using Polysaccharide Stabilizer / E. Hesthiati et al // *Proceedings of the 6th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Monterrey, Mexico, 2021/ – № 3. <https://doi.org/10.46254/NA06.20210634>. (In English).*
7. Deinychenko L. Technology and quality of whipped desserts based on milk-protein concentrate / L. Deinychenko // *Redaktsiina kolegiya*. – 2018. – С. 189. (In English).
8. Dahanayaka T.P. J. Formulation and sensory evaluation of ready to eat whipped chocolate dairy dessert.(chocolate mousse) : dis. – 2004. (In English).
9. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse / L.C. Aragon-Alegro et al. // *LWT-Food Science and technology*. – 2007. – Т. 40, № 4. – С. 669-675. (In English).
10. Preparation of milk dessert type mousse type sweet potato flavor (ipomoea potatas l) / Menezes L.M.F. et al // *No lactose and no added sugar*. – 2021. (In English).
11. Factors affecting yield and gelling properties of agar / W.K. Lee et al // *Journal of Applied Phycology*. – 2017. – Т. 29. – С. 1527-1540. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1009-y>. (In English).
12. Clegg M.E. The effect of agar jelly on energy expenditure, appetite, gastric emptying and glycaemic response / M.E. Clegg, A. Shafat // *European journal of nutrition*. – 2014. – Т. 53. – С. 533-539. (In English).
13. Cortez R.E. Blackcurrants (Ribes nigrum): A review on chemistry, processing, and health benefits / R.E. Cortez, E. Gonzalez de Mejia // *Journal of food science*. – 2019. – Т. 84, № 9. – С. 2387-2401. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14781>. (In English).
14. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (Ribes nigrum L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system / S.M. Paunović et al // *Scientia Horticulturae*. – 2017. – Т. 222. – С. 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.015>. (In English).
15. GOST 5898-87. Izdeliya konditerskie. Metody opredeleniya kislotnosti i shchelochnosti. – Moskva: Standart inform, 2012. – 10 s. (In Russian).
16. GOST 18488-2000. Kontsentraty pishchevye sladkikh blyud. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Minsk: Mezghos-i sovet po standart., metrol. i sertifikatsii, 2000. – 8 s. (In Russian).
17. Vzbityi desert na osnove molochnoi syvorotki s pishchevymi voloknami Citri-Fi / E.A. Plekhanova i dr. // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* – 2014. – Т. 1, № 32. – С. 73-77. (In Russian).

18. Optimization of Formulation for Aerated Dessert Containing Whey Protein and Xanthan Gum Concentrate using Response Surface Methodology and Investigation on Rheological and Texture Properties / P. Sara et al // Research and Innovation in Food Science and Technology. – 2022. –Т. 1, № 16. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2020.254462.1192>. (In English).
19. Mousse from caseic whey / M. Kassymova et al // Nauchnyi zhurnal «Doklady NAN RK». – 2021. – № 6. – S. 50-57. (In English).

**Ж.Ә. Әбіш<sup>1</sup>, Р.С. Алибеков<sup>1</sup>, Г.Ә. Орымбетова<sup>2\*</sup>, А.А. Утебаева, Е.В. Сысоева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті., Шымкент, 160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы, Қазақстан Республикасы, Шымкент, әл-Фараби алаңы, 1/1

<sup>3</sup>Қазан Ұлттық Технологиялық Зерттеу Университеті, 420015, Ресей Федерациясы, Қазан қ., Карл Маркс көшесі, 6

\*e-mail: orim\_77@mail.ru

### **СҮТ САРЫСУЫ НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН МУССТЫҢ СИПАТТАМАСЫ**

*Қазір тұтынушылардың табиғи ингредиенттер мен өнімдерді емдік мақсатта тамақтануда қолдануға деген қызығушылығы артып келеді. Мұндай өнімдерге сүт сарысуы жатады. Біздің елімізде олар шектеулі мөлшерде шығарылады. Осындай ұсыныстарға байланысты функционалды тағамдарды әзірлеу арқылы қайталама шикізатты ұтымды өңдеу мәселелерін шешудің жолдары мен құралдарын іздеу қажет. Бұл мақалада текстуралық талдаулардың, сенсорлық бағалаудың және кейбір физика-химиялық параметрлердің нәтижелері, сондай-ақ сүт сарысуы негізінде әзірленген мусс үлгілерінің минералды элементтері құрамы көрсетілген. Тұрақтандыру және көбік консистенциясын жасау үшін пектин мен агар қолданылды. Пектинді фиксатор ретінде қолдана отырып, текстуралық анализатордың, сынаманың нәтижелері бойынша мусс механикалық кернеуге төзімді болады, ал мусстың беріктігі артады. Үлгінің ең жоғары беріктігі – 1,605 Н болды. Пектині бар үлгінің серпімділігі – 1,569 Н, тұтқырлығы – 1,448 Н болды. Пектині бар үлгінің неғұрлым нәзік консистенциясы бар екенін анықтауға болады. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, стандарттарға сәйкес барлық физика-химиялық көрсеткіштер қолайлы екенін атап өтуге болады. Нәтижелер сарысу негізіндегі мусс үлгілерінің құрамында негізгі микроэлементтер бар екенін көрсетеді. Пектині бар мусс үшін көміртегі – 12,45%, калий – 14,14%, натрий – 10,84% және фосфор – 9,10%, кальций – жалпы минералды құрамның 8,33% құрайды. Агар қосылған мусс үшін көміртегі – 18,97%, калий – 15,99% натрий – 9,20% және хлор – 6,93%, фосфор – 7,39%, кальций – жалпы минералды құрамның 5,23% құрайды.*

**Түйін сөздер:** мусс, тұрақтандырғыштар, қайталама шикізат, сарысу, қарақат, функционалды ингредиенттер.

**Ж.А. Абиш<sup>1</sup>, Р.С. Алибеков<sup>1</sup>, Г.Ә. Орымбетова<sup>2\*</sup>, А.А. Утебаева<sup>1</sup>, Е.В. Сысоева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский Университет им.М. Ауэзова, 160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

<sup>2</sup>Южно-Казахстанская медицинская академия, Республика Казахстан, г. Шымкент, площадь Аль-Фараби, 1/1

<sup>3</sup>Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, 420015, Российская Федерация, г. Казань, ул. Карла Маркса, 6

\*e-mail: orim\_77@mail.ru

### **ХАРАКТЕРИСТИКА МУССА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

*В настоящее время растет интерес потребителей к использованию натуральных ингредиентов и продуктов в питании в лечебных целях. К таким продуктам относится и молочная сыворотка. В нашей стране они производятся в ограниченном количестве. В связи с такими рекомендациями необходимо искать пути и средства решения проблем рациональной переработки вторичного сырья путем разработки функциональных продуктов питания. В данной статье представлены результаты анализа текстуры, вкусовых качеств и некоторых физико-химических параметров, а также содержания минеральных элементов в разработанных образцах мусса на основе молочной сыворотки. Для стабилизации и получения пенистой консистенции были*

использованы пектин и агар. Согласно результатам анализа текстуры, при использовании пектина в качестве закрепителя мусс становится более устойчивым к механическим воздействиям, а прочность мусса увеличивается. Максимальная прочность образца составила 1,605 Н. Образец с пектином имеет эластичность – 1,569 Н, вязкость – 1,448 Н. Можно установить, что образец с пектином имеет более нежную консистенцию. Основываясь на результатах исследования, можно отметить, что все физико-химические показатели являются приемлемыми, в соответствии со стандартами. Результаты показали, что в состав муссов на основе молочной сыворотки входят основные микроэлементы. В составе мусса с пектином углеводы – 12,45%, калий – 14,14%, натрий – 10,84% и фосфор – 9,10%, кальций – 8,33% от общего содержания минеральных веществ. Для мусса с агаром углерод – 18,97%, калий – 15,99%, натрий – 9,20% и хлор – 6,93%, фосфор – 7,39%, кальций – 5,23% от общего содержания минеральных веществ.

**Ключевые слова:** мусс, стабилизаторы, вторичное сырье, молочная сыворотка, черная смородина, функциональные ингредиенты.

#### Information about the authors

**Zhansaya Abilkhairkyzy Abish** – PhD student, «Technology and Safety of Food products» Department, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

**Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov** – PhD in Chemistry, Professor, «Food Engineering» Department, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Gulbagi Emitovna Orymbetova\*** – candidate of technical science, associate professor. South Kazakhstan Medical Academy. Faculty of Pharmacy. Shymkent, Kazakhstan; e-mail: orim\_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

**Aidana Askarovna Utebaeva** – PhD M. Auezov South Kazakhstan university. Textile and Food Engineering higher school. Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Elena Vladislavovna Sysoeva** – candidate of technical science, professor. Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia; e-mail: inonotus@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-3667>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Жансая Әбілхайрқызы Абиш** – PhD докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

**Равшанбек Султанбекович Алибеков** – химия ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Гулбаги Эмитовна Орымбетова\*** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы, фармация факультеті, Шымкент, Қазақстан; e-mail: orim\_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

**Айдана Аскарровна Утебаева** – PhD М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Елена Владиславовна Сысоева** – химия ғылымдарының кандидаты, профессор. Қазан Ұлттық Технологиялық Зерттеу Университеті, Қазан, Ресей. e-mail: inonotus@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-3667>.

#### Сведения об авторах

**Жансая Әбілхайрқызы Абиш** – PhD докторант, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

**Равшанбек Султанбекович Алибеков** – кандидат химических наук, профессор. Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

**Гулбаги Эмитовна Орымбетова\*** – кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, Казахстан; e-mail: orim\_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

**Айдана Аскарровна Утебаева** – PhD Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

**Елена Владиславовна Сысоева** – кандидат химических наук, профессор, Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, Казань, Россия; e-mail: inonotus@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0592-3667>.

Received 03.04.2024

Revised 09.04.2024

Accepted 22.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-33



FTAXP: 65.63.33

**Б.Қ. Оспанова\***, **Т.Ч. Тултабаева<sup>1</sup>**, **А.Е. Турсынханова<sup>2</sup>**, **Ұ.Е. Асанова<sup>2</sup>**,  
**Б. Калемшариев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті,  
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы 62

<sup>2</sup>Alikhan Bokeikhan University  
071411, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Мәңгілік ел 11,

\*e-mail: ospanova93-93@mail.ru

## **ӨСІМДІК ТЕКТЕС ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ИНГРИДИЕНТТІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҰЛТТЫҚ ӨНІМ ІРІМШІКТІҢ ҚҰРАМЫН БАЙЫТУ**

**Аңдатпа:** Барлық уақытта өсімдік және жануарлар шикізатын кешенді өңдеудің ұтымды әдістерін іздеу, қалдықсыз технологияларды құру бойынша зерттеулер жүргізіліп келеді, бұл олардың биологиялық және тағамдық құндылығын арттыратын дәрумендермен, микроэлементтермен, ақуыздармен және басқа компоненттермен байытылған сапалы және қауіпсіз тамақ өнімдерін өндіруге негіз бола алады. Мақалада өнімге негізгі шикізат ретінде сиыр сүті және өсімдік текті қоспа ретінде итмұрын таңдалып алынды. Сиыр сүтінде адамның тамақтануына қажетті барлық пайдалы заттар бар және ағзаға өте оңай сіңетін ақуыздар, майлар, көмірсулар болады. Сонымен қатар, оның құрамында көптеген ферменттер, дәрумендер, минералдар және қалыпты метаболизмді қамтамасыз ететін басқа да маңызды қоректік заттар бар. Берілген мақалада итмұрын өсімдігін тікелей өзін емес итмұрын экстрактісін ұлттық өнім ірімшіктің құрамын байытуда қолдану туралы баяндалады. Итмұрын өсімдігінің құрамында көптеген органикалық қосылыстар, мысал ретінде табиғи антиоксиданттар – фенолды және полифенолды қосылыстар мөлшері өте көп. Жидекті өсімдіктен экстракт алу әдістемесінің құрғақ өсімдіктен экстракт алу әдістемесінен ерекшелігі сипатталған. Экстрактты қосқаннан кейінгі сүтқышқылды өнімнің сапасының, органолептикалық көрсеткіштерінің өзгеріске ұшырағаны көрсетілген. Ұлттық өнім ірімшіктің құрамын өсімдік тектес функционалдық қоспалармен байытудың себебінен өнімнің аминқышқылдық құрамы артқан.

**Түйін сөздер:** итмұрын, аминқышқылдар, экстракт, өсімдік тектес функционалдық қоспа, ірімшік өнімдері.

### **Кіріспе**

Бүгінгі таңда тамақтану саласында тағам өнімдерін байыту мақсатында әртүрлі бағыттар қалыптасты. Адам ағзасына пайдалы сүтқышқылды тағам өнімдерін жасаудың бір бағыты өнімдерді өсімдік қоспаларымен байыту. Функционалдық мақсатта өсімдік шикізаттарымен байытылған өнімнің тағамдық құндылығы жоғары болады. Өнімді жасауда өсімдік қоспасы ретінде қол жетімді, пайдалы, экономикалық жағынан тиімді шикізат таңдап алынуы қажет. Себебі пайдалы тағамдық өнім халықтың кең тобына қолжетімді болуы керек. Біз ұлттық өнім ірімшікті байытуда жергілікті жерде кең таралған жидекті өсімдікті таңдап алдық [1, 3].



Итмұрын (лат. *Rósa majális*) Абай облысы, Семей өлкесінде кең таралған пайдалы жидекті өсімдік түрі. Итмұрынның құрамында В тобының дәрумендеріне бай:

В1 (тиамин), өсу мен даму процестерін анықтайды, жүректің, жүйке, ас қорыту жүйесінің оңтайлы жұмысы үшін қажет. В2 (рибофлавин), эритроциттер, антиденелердің синтезі үшін маңызды және өсу, репродуктивті функциялар, қалқанша безінің оңтайлы жұмысы үшін қажет. В9 (фолий қышқылы) бұл витаминнің жетіспеушілігі анемияны, дененің қан айналымы мен иммундық жүйесінің бұзылуын тудырады [2, 4].

Құрамында маңызды аминқышқылдарының болуына байланысты итмұрын биологиялық құндылығы жоғары өсімдік. Олардағы көптеген маңызды аминқышқылдарының мөлшері өсімдік тағамдарының ақуыздарымен салыстырғанда ғана емес, сонымен қатар ет пен балық ақуыздарымен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. Әдеби шолуларға сүйене отырып итмұрынның химиялық құрамы кестеде көрсетілген [5, 12].

Кесте 1 – Итмұрын (лат. *Rósa majális*) химиялық құрамы

Өсімдік атауы	А дәрумені	Е дәрумені	С дәрумені	Флавоноидтар	Кверцетин	Цинк Zn	Кальций Ca	Марганец Mn
Итмұрын (лат. <i>Rósa majális</i> )	+	Итмұрын ұрығында +	+ 2-3% (5,5 %), 5500 мг %	+	+	11,11-19,68 мкг/г	4,28-10,80 мг/г	24,91-50,70 мкг/г

Ұлттық өнім ірімшікті жасау барысында итмұрынның экстрактісін қосу арқылы өнімнің биологиялық құндылығын арттырдық. Көптеген зерттеу жұмыстарында жеміс-жидектерден экстракт алу әдістері толық көрсетілмеген [6]. Ең бастысы кепкен өсімдіктен экстракт алу әдістемесімен салыстырғанда біршама айырмашылықтары бар екендігі ескерілуі қажет. Жеміс-жидекті өсімдік құрамындағы белсенді биологиялық заттарды анықтау үшін оның кептірілген түрімен салыстарғанда кептірілмеген жиналған түрінде химиялық қосылыстарды анықтау тиімділігі жоғары екендігі белгілі. Көптеген зерттеу жұмыстарында жеміс-жидектерден экстракт алу әдістері толық көрсетілмеген. Ең бастысы кепкен өсімдіктен экстракт алу әдістемесімен салыстырғанда біршама айырмашылықтары бар екендігі ескерілуі қажет. Жеміс-жидекті өсімдік құрамындағы белсенді биологиялық заттарды анықтау үшін оның кептірілген түрімен салыстарғанда кептірілмеген жиналған түрінде химиялық қосылыстарды анықтау тиімділігі жоғары екендігі белгілі. Бірақ та жас жеміс-жидекті өсімдіктердің құрамында судың мөлшері өте жоғары болғандықтарына байланысты экстракт алу процесі біршама қиындықтар туғызды. Бұл процесте кептіруге химияда қолданылатын силикогельді эксикаторды пайдалану жұмыстары дұрыс нәтиже бермеді. Яғни жеміс-жидек құрамындағы суды толық айдау процесі өтпеді. Соған байланысты кептіру процесі ламинарлы бокста жүргізілді [7, 8].

Жидекті өсімдіктен экстрактіні алу Alikhan Bokeikhan University қолданбалы биология кафедрасының зертханасында құрастырылған әдістеме бойынша алынды. Экстракт мацерация әдісі арқылы алынды. Яғни шырғанақтан жасалған өсімдік шикізаты қоймалжың консистенцияға дейін ұнтақталады, өсімдік шикізатының қоспасында экстрагент 1:5 қатынасында 70% этил спирті қосылады. Пайда болған қосындыны жақсылап араластырылып, 18 сағатқа қойып қоямыз. Пайда болған тұнбаны фильтрациядан өткіземіз. Филтрленген қоспаны кері тоңазытқыш арқылы су моншасына (80 °C) қойып құрамындағы спиртті айдаймыз. Су моншасында тұрған қоспаның құрамындағы спирт толығымен шыққаннан кейін экстрактіні суытып пробиркаларға құйып тоңазытқышта сақтаймыз.

Итмұрынның экстрактісінің физико-химиялық көрсеткіштері келесі кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Итмұрын (лат. *Rósa majális*) экстрактісінің физико-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш атаулары	Нәтижесі
Физико-химиялық құрамы	
Белок, %	9,17±1,67
Көмірсу, %	3,58±0,48
Витаминдер 100 г экстрактіде	
Витамин А, мг	0,794±0,0,94
Витамин Е, мг	1,825±0,283
Витамин С, мг	3,085±0,318

### Зерттеу құралдары мен тәсілдері

Зерттеу нысаны – итмұрын. Эксперименттік зерттеулер Астана қаласының «С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті» КеАҚ жүргізілді.

Зерттеу әдістері:

- Физико-химиялық құрамы МемСТ 7616-85;
- Амин қышқылдық құрамы МемСТ 32915-2014;
- В тобының дәрумендері МемСТ 31483-2012 бойынша анықталды.
- С дәруменінің мөлшері МемСТ 30627.2-98 бойынша анықталды.
- Органолептикалық көрсеткіштері МемСТ 22935-2- 2011.

МемСТ 7616-85 бойынша жасалынған ақуызды өнімнің ылғалдылығын Чижовой құрылғысының көмегімен МемСТ-те көрсетілген әдістеме бойынша РУДН зертханасында анықталды [13]. Ақуызды өнімнің құрамындағы майдың мөлшерін анықтағанда өнімге концентрленген күкірт қышқылы мен изоамил спиртінің әсер етуімен центрифугалау, центрифугалаудан кейін май өлшегіш құрылғының градуирленген бөлігіндегі бөлінген майдың көлемін өлшеу [14, 15].

МемСТ 32915-2014 бойынша май-қышқылдық құрамды газ хроматография әдісі арқылы ыдырамай буланатын әртүрлі заттардың қоспаларын бөлуге негізделген әдіспен анықталды. Хроматографиялық баған бойымен қозғалу кезінде бөлінетін қоспа тасымалдаушы газ (жылжымалы фаза) бен баған толтырылған инертті материалға (қатты тасымалдаушыға) қолданылатын ұшпайтын қозғалмайтын сұйық фаза арасында бірнеше рет бөлінеді. Қоспаның компоненттері соңғысымен таңдамалы түрде кешіктіріледі. Осылайша, олардың бөлінуі жүреді, ал бағаннан шыққан заттар детектормен тіркеледі [16, 17].

МемСТ 32307-2013 бойынша өнім құрамындағы дәрумендердің мөлшері өнім үлгісінің сілтілі гидролизіне және майда еритін витаминдерді диетил эфирімен алуға негізделген. Алынған сығындыларды талдау спектрдің берілген толқын ұзындығы бар ультракүлгін аймағында жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен жүзеге асырылады. Алынған хроматограммадағы шыңдар түріндегі нәтижелер белгілі массалық концентрациядағы витамин үлгілерінің стандартты ерітінділерінің шыңдарымен салыстырылады [18, 19].

МемСТ 22935-2-2011 бойынша сынама алушының көмегімен өнімнен сынама алынып органолептикалық көрсеткіштері анықталды. Анализ жасау барысында сынаманың температурасы  $18\pm 2^\circ\text{C}$  ұсталып тұрды [20, 21].

### Зерттеу нәтижелері

Итмұрын жемісінің экстрактісі қосылған ұлттық өнім сары ірімшік және бақылау өнімінің физико-химиялық көрсеткіштері (сары ірімшік) 3 кестеде берілген.

Кесте 3 – нәтижесі итмұрын жемісінің экстрактісі қосылған өнімнің бақылау ретінде алынған өніммен салыстырғанда физико-химиялық көрсеткіштері төмен екендігін көрсетті.

№	Көрсеткіштер атауы, өлшем бірлігі	Зерттеудің көрсеткіштері	
		Бақылау	Байытылған өнім
1.	-ылғалдылықтың массалық үлесі, %	11 $\pm$ 3,1	15 $\pm$ 0,275
2.	-майлылықтың массалық үлесі, %	22,112 $\pm$ 2,3	28,2 $\pm$ 7,42
3.	-ақуыздың массалық үлесі, %	22,1812 $\pm$ 3,1	27,53 $\pm$ 3,572

Кесте 4 – Функционалдық қоспамен байытылған өнім және бақылау өнімінің (сары ірімшік) – дәрумендік көрсеткіштері, мг/кг

№	Көрсеткіштер, өлшем бірлігі	Зерттеудің көрсеткіштері	
		Бақылау	Байытылған өнім
1.	Дәрумендер		
2.	В1, мг/100г	0,101 $\pm$ 0,020	0,123 $\pm$ 0,025
3.	В2, мг/100г	0,283 $\pm$ 0,119	0,297 $\pm$ 0,126
4.	В6, мг/100г	0,0521 $\pm$ 0,010	0,063 $\pm$ 0,012
5.	В3, мг/100г	2,18 $\pm$ 0,436	2,59 $\pm$ 0,518
6.	В5, мг/100г	0,028 $\pm$ 0,005	0,033 $\pm$ 0,006
7.	С, мг/100г	0,417 $\pm$ 0,142	0,501 $\pm$ 0,170

Кесте 5 – Функционалдық қоспамен байытылған өнім және бақылау өнімінің (сары ірімшік) – аминқышқылдарының көрсеткіштері, %

№	Көрсеткіштер, өлшем бірлігі, %	Зерттеудің көрсеткіштері	
		Бақылау	Байытылған өнім
1.	Дәрумендер		
2.	аргинин	2,807±1,123	3,586±1,434
3.	лизин	4,954±1,168	4,854±1,168
4.	тирозин	3,633±1,090	1,096±0,329
5.	фенилаланин	3,303±0,859	4,303±0,859
6.	гистидин	1,717±0,859	1,817±0,859
7.	лейцин+изолейцин	4,954±1,585	4,965±1,586
8.	метионин	2,147±1,585	2,156±1,236
9.	валин	3,963±1,585	4,963±1,645
10.	пролин	8,256±2,147	9,586±2,169
11.	треонин	2,708±1,083	2,906±1,567
12.	серин	3,303±0,859	4,203±0,859
13.	аланин	2,147±0,558	2,147±0,558
14.	глицин	1,255±0,427	1,255±0,427

Кесте 6 – Функционалдық қоспамен байытылған өнімнің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер		
Сыртқы түрі мен консистенциясы	Дәм мен иісі	Түсі
Түйіршікті, консиситенциясы біртекті, тығыз	Сүтқышқылды өнімге тән қышқылдау, тәтті дәмді, иісі кондитерлік өнімдерінің иісіне тән.	Тоқ сары, қоңырлау

Осылайша, байытылған өнім үлгісі жоғары органолептикалық көрсеткіштермен сипатталады: жағымды дәм, жидек қоспасының жеңіл дәмі, біртекті консистенциясы. Байытылған өнім бақылау ретінде алынған үлгіден пайдалы құрамы бойынша алдыңғы қатарда тұр.

### Қорытынды

Итмұрын экстрактісі ақуыздық ұлттық өнім ірімшіктің құрамында оң әсерін берді. Өсімдік экстрактісін енгізу арқылы өнім құрамындағы ақуыздың, майдың, дәрумендердің артуы жүрді. Сонымен қатар, байытылған өнімді бақылау өнімімен салыстырып зерттегенде аминқышқылдарының көрсеткіші байытылған өнімде жоғары болды. Функционалдық қоспамен байытылаған өнім қышқылдығы стандартты диапазонға сәйкес келеді. Байытылған өнімді адамның күнделікті тағамдану рационына енгізуге болады. Зерттеу бойынша оның құрамындағы дәрумендер, аминқышқылдар, майлар адам ағзасының жақсы жұмыс жасауына әсері мол.

Функционалдық қоспамен байытылған өнімнің физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштер нормативтік құжаттарға сәйкес келеді және ересектерге де, балаларға да құнарлы өнім ретінде ұсынылуға мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Рудакова, А.Ю. Разработка и производство сырных продуктов с растительными компонентами / А.Ю. Рудакова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 204-209.
2. Кольтюгина О.В. Особенности технологии творожного продукта с облепиховым пюре и оценка его потребительских свойств / О.В. Кольтюгина // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 1. – С. 385-392.
3. <https://cyberleninka.ru/article/n/shipovnik-prirodnyy-kontsentrat-vitaminov-i-antioksidantov>.
4. Грунская В.А. Творожные продукты, обогащенные пробиотической микрофлорой / В.А. Грунская // Молочная промышленность. – 2017. – № 8. – С. 41-43.

5. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-i-antioksidantnye-svoystva-vidov-rodarosa-l/viewer>.
6. Коротких И.В. Сыроделие и маслоделие / И.В. Коротких // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 2. – С. 46-47.
7. Грунская В.А. Ресурсосберегающие технологии в производстве кисломолочных продуктов / В.А. Грунская, Д.С. Габриелян // Молочная промышленность. – 2018. – № 12. – С. 34-36.
8. Тринеева О.В. Исследование аминокислотного состава извлечений из растительных объектов методом двумерной ТСХ / О.В. Тринеева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14, Вып. 3. – С. 530-536.
9. Использование ягодного сырья в технологии мягкого сыра функционального назначения / А.В. Борисова и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 1. – С.11-20.
10. Подоляк А. Травник. Описание 300 лекарственных растений и способы их применения от 100 самых распространенных заболеваний / А. Подоляк – Москва: Эксмо, 2015. – 896 с.
11. Евдокимов, И.А. Концепция получения молочной основы с повышенным содержанием сухих веществ для ферментированных продуктов / И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. – 2017. – № 12. – С. 26-27.
12. ГОСТ 7616-85. Сыры сычужные твердые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
13. ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
14. ГОСТ 5867. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. – М.: Стандартинформ, 2009. – 13 с.
15. ГОСТ 32915-2014. Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2015. – 12 с.
16. ГОСТ 32307-2013. Мясо и мясные продукты. Определение содержания жирорастворимых витаминов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
17. <https://djuv.online/file/36Rw47PZtMhLF>
18. Chemical-technological assessment of wild berries for healthy food production / T.A. Isrigova et al // Research journal of pharmaceutical, biological, and chemical Science:RJPBCS. – March-april, 2016. – № 7(2). – P. 2036-2043.
19. Evdokimov I.A. The concept of obtaining a dairy base with a high dry matter content for fermented products / I.A. Evdokimov // Molochnaya promyshlennost'. – 2017. № 12. – P. 26-27.
20. Isrigova V.S. Chemical composition of berries berries for manufacture of functional design products / V.S. Isrigova et al // In the collection: Young scientists in solving urgent problems of science. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. – 2018. P. 205-208.

### References

1. Rudakova, A.YU. Razrabotka i proizvodstvo syrykh produktov s rastitel'nymi komponentami / A.YU. Rudakova // Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv. – 2014. – № 4. – S. 204-209. (In Russian).
2. Kol'tyugina O.V. Osobennosti tekhnologii tvorozhnogo produkta s oblepikhovym pyure i otsenka ego potrebitel'skikh svoystv / O.V. Kol'tyugina // Vestnik Altaiskoi nauki. – 2015. – № 1. – S. 385-392. (In Russian).
3. <https://cyberleninka.ru/article/n/shipovnik-prirodnyy-kontsentrat-vitaminov-i-antioksidantov>. (In Russian).
4. Grunskaya V.A. Tvorozhnye produkty, obogashchennye probioticheskoi mikrofloroi / V.A. Grunskaya // Molochnaya promyshlennost'. – 2017. – № 8. – S. 41-43. (In Russian).
5. <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-i-antioksidantnye-svoystva-vidov-rodarosa-l/viewer>. (In Russian).
6. Korotkikh I.V. Syrodelle i maslodelie / I.V. Korotkikh // Syrodelle i maslodelie. – 2016. – № 2. – S. 46-47. (In Russian).

7. Grunskaya V.A. Resursosberegayushchie tekhnologii v proizvodstve kislomolochnykh produktov / V.A. Grunskaya, D.S. Gabrielyan // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2018. – № 12. – S. 34-36. (In Russian).
8. Trineeva O.V. Issledovanie aminokislotnogo sostava izvlechenii iz rastitel'nykh ob"ektov metodom dvumernoi TSKH / O.V. Trineeva // *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. – 2014. – T. 14, Vyp. 3. – S. 530-536. (In Russian).
9. Ispol'zovanie yagodnogo syr'ya v tekhnologii myagkogo syra funktsional'nogo naznacheniya / A.V. Borisova i dr. // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. – 2020. – № 1. – S.11-20. (In Russian).
10. Podolyak A. Travnik. Opisanie 300 lekarstvennykh rastenii i sposoby ikh primeneniya ot 100 samykh rasprostranennykh zabolevanii / A. Podolyak. – Moskva: Ehksmo, 2015. – 896 s. (In Russian).
11. Evdokimov, I.A. Kontsepsiya polucheniya molochnoi osnovy s povyshennym sodержaniem sukhikh veshchestv dlya fermentirovannykh produktov / I.A. Evdokimov // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2017. – № 12. – S. 26-27. (In Russian).
12. GOST 7616-85. Syry sychuzhnye tverdye. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2008. – 12 s. (In Russian).
13. GOST 3626-73. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya vlagi i sukhogo veshchestva. – M.: Standartinform, 2009. – 15 s. (In Russian).
14. GOST 5867. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya zhira. – M.: Standartinform, 2009. – 13 s. (In Russian).
15. GOST 32915-2014. Moloko i molochnaya produktsiya. Opredelenie zhirnokislotnogo sostava zhirovoi fazy metodom gazovoi khromatografii. – M.: Standartinform, 2015. – 12 s. (In Russian).
16. GOST 32307-2013. Myaso i myasnye produkty. Opredelenie sodержaniya zhirorastvorimyykh vitaminov metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii. – M.: Standartinform, 2014. – 11 s. (In Russian).
17. <https://djvu.online/file/36Rw47PZtMhLF> (In Russian).
18. Chemical-technological assessment of wild berries for healthy food production / T.A. Isrigova et al // *Research journal of pharmaceutical, biological, and chemical Science:RJPBCS*. – March-april, 2016. – № 7(2). – P. 2036-2043. (In English).
19. Evdokimov I.A. The concept of obtaining a dairy base with a high dry matter content for fermented products / I.A. Evdokimov // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2017. № 12. – R. 26-27. (In English).
20. Isrigova V.S. Chemical composition of berries burns for manufacture of functional design products / V.S. Isrigova et al // *In the collection: Young scientists in solving urgent problems of science. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*. – 2018. P. 205-208. (In English).

**Б.Қ. Оспанова\***, **Т.Ч. Тултабаева<sup>1</sup>**, **А.Е. Турсынханова<sup>2</sup>**, **Ұ.Е. Асанова<sup>2</sup>**, **Б. Калемшариев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Победа 62

<sup>2</sup>Alikhan Bokeikhan University,  
071411, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Мәңгілік ел 11

\*e-mail: ospanova93-93@mail.ru

## **ОБОГАЩЕНИЕ СОСТАВА КИСЛОМОЛОЧНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРИДИЕНТА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

*Во все времена проводились исследования по поиску рациональных методов комплексной переработки растительного и животного сырья, созданию безотходных технологий, которые могут стать основой для производства качественных и безопасных пищевых продуктов, обогащенных витаминами, микроэлементами, белками и другими компонентами, повышающими их биологическую и пищевую ценность. В статье в качестве основного сырья к продукту было выбрано коровье молоко и шиповник как добавка растительного происхождения. Коровье молоко содержит все полезные вещества, необходимые для питания человека, и содержит белки, жиры, углеводы, которые очень легко усваиваются организмом. Кроме того, он содержит множество ферментов, витаминов, минералов и других важных питательных веществ, которые*

поддерживают нормальный обмен веществ. В данной статье будет рассказано об использовании экстракта шиповника, не являющегося непосредственно самим растением шиповника, в обогащении состава сыра национального продукта. Растение шиповника содержит большое количество органических соединений, таких как природные антиоксиданты – фенольные и полифенольные соединения. Описана специфика методики экстракции ягодного растения от методики экстракции сухого растения. Показано, что после добавления экстракта происходит изменение качества кисломолочной продукции, органолептических показателей. По причине обогащения состава сыра национальным продуктом функциональными добавками растительного происхождения повышен аминокислотный состав продукта.

**Ключевые слова:** шиповник, аминокислоты, экстракт, функциональная добавка растительного происхождения, сырные продукты.

**В.К. Ospanova\***, **Т.С. Tultabayeva<sup>1</sup>**, **А.Е. Tursynhanova<sup>2</sup>**, **U.E. Asanova<sup>2</sup>**,  
**В. Kalemshariev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical University,  
010000, Republic of Kazakhstan, Astana city, avenue, Pobeda 62

<sup>2</sup>Alikhan Bokeikhan University,  
, 071400, Republic of Kazakhstan, Semey, Mangilik el str.11

\*e-mail: ospanova93-93@mail.ru

## **ENRICHMENT OF THE COMPOSITION OF THE FERMENTED MILK NATIONAL PRODUCT USING A FUNCTIONAL INGREDIENT OF PLANT ORIGIN**

*At all times, research has been carried out on the search for rational methods of complex processing of plant and animal raw materials, the creation of waste-free technologies that can serve as the basis for the production of high-quality and safe food products enriched with vitamins, microelements, proteins and other components that increase their biological and nutritional value. The article selected cow's milk as the main raw material for the product and rose hips as an additive of plant origin. Cow's milk contains all the useful substances necessary for Human Nutrition and contains proteins, fats, carbohydrates that are very easily absorbed by the body. In addition, it contains many enzymes, vitamins, minerals and other important nutrients that ensure normal metabolism. This article describes the use of the rosehip plant not directly itself, but rosehip extract in the enrichment of the composition of the national product cheese. The rosehip plant contains a huge amount of many organic compounds, as an example, natural antioxidants – phenolic and polyphenolic compounds. The peculiarity of the method of extracting a berry from a plant from a dry plant is described. It is shown that the quality and organoleptic indicators of lactic acid products after adding the extract have undergone changes. Due to the enrichment of the composition of the national product cheese with functional additives of plant origin, the amino acid composition of the product has increased.*

**Key words:** rosehip, amino acids, extract, functional additive of plant origin, cheese products.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Балжан Қанаткелдықызы Оспанова** – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ және қайта өңдеу технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті, Қазақстан; e-mail: ospanova93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2413>.

**Тамара Чумановна Тултабаева** – техника ғылымдарының докторы, доцент; С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті, Қазақстан; e-mail: tamara\_tch@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2483-7406>.

**Айым Елтаевна Турсынханова** – техника ғылымдарының магистрі, «Alikhan Bokeikhan University» ББМ; Қазақстан; e-mail: aiym.tursynkhanova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3014-1985>.

**Ұлбала Есентуровна Асанова** – техника ғылымдарының магистрі, «Alikhan Bokeikhan University» ББМ; Қазақстан; e-mail: esenturovna87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6733-9936>.

**Бегжан Калемшариева** – Инженер-технолог, С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті, Қазақстан; e-mail: ospanova93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

### **Сведения об авторах**

**Балжан Қанаткелдықызы Оспанова** – магистр технических наук, докторант кафедры «Технология пищевых продуктов и переработки»; Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан; e-mail: ospanova93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2413>.

**Тамара Чумановна Тултабаева** – доктор технических наук, доцент; Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Қазақстан; e-mail: tamara\_tch@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2483-7406>.

**Айым Елтаевна Турсынханова** – магистр технических наук, АО «Alikhan Bokeikhan University»; Казахстан; e-mail: aiym.tursynkhanova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3014-1985>.

**Ұлбала Есентуровна Асанова** – магистр технических наук, АО «Alikhan Bokeikhan University»; Казахстан; e-mail: esenturovna87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6733-9936>.

**Бегжан Калемшариева** – Инженер-технолог, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан; e-mail: ospanova93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

#### Information about the authors

**Balzhhan Kanatkeldyzy Ospanova** – Master of Technical Sciences, doctoral student of the Department of Food Technology and Processing; Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Kazakhstan; e-mail: ospanova93-93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2413>.

**Tamara Chumanovna Tultabaeva** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Kazakhstan; e-mail: tamara\_tch@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2483-7406>.

**Ayım Eltayevna Tursinkhanova** – Master of Technical Sciences, АО «Alikhan Bokeikhan University»; Kazakhstan; e-mail: aiym.tursynkhanova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3014-1985>.

**Ulbala Esenturovna Asanova** – Master of Technical Sciences, АО «Alikhan Bokeikhan University»; Kazakhstan; e-mail: esenturovna87@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6733-9936>.

**Begzhan Kalemsharieva** – Process Engineer, Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Kazakhstan; e-mail: aiym.tursynkhanova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3014-1985>.

Редакцияға енуі 29.01.2024

Өңдеуден кейін түсуі 18.03.2024

Жариялауға қабылданды 02.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-34

МРНТИ: 69.51.31



**Ж.К. Қалибеқызы<sup>1</sup>, Ф.Х. Смольникова\*, А.Н. Нургазезова<sup>1</sup>, М.М. Какимов<sup>2</sup>,  
Н.Р. Муслимова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина  
010011, Республика Казахстан, г. Астана, Проспект Жениса, 62

\*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СУШЕНОЙ ЩУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКОВ СВЧ И СУШКОЙ ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ

**Аннотация:** Для проведения процесса сушки используются различные методы технологической обработки: сублимационная сушка, сушка инфракрасным излучением, токами СВЧ, тепловой нагрев и др. В данной статье приведены исследования, которые направлены на изучение технологического процесса сушки рыбного сырья (щуки) токами СВЧ (3 режима высушивания – 700, 800, 900 Вт) и тепловой сушки горячим воздухом, исследования санитарно-показательных микроорганизмов в процессе хранения. При исследовании были использованы стандартные методы. Опыты проводились в трехкратной повторности и обрабатывались методами математической статистики. Результаты исследования показали, что сушка токами СВЧ эффективна при 900 Вт, сокращается время высушивания, микробиологические показатели имеет более низкие значения, чем при обычной тепловой сушкой горячим воздухом. Химический состав сушеной рыбы отличается незначительно, но при высушивании при 900 Вт, продукт отличается более высоким содержанием белка. Показатели хранимостпособности у рыбы, высушенной токами СВЧ более высокие, чем при

сушке горячим воздухом, что также является большим преимуществом для данной категории продовольственных продуктов. Готовая продукция отвечала нормам технического регламента, имела положительные физико-химические и органолептические показатели.

**Ключевые слова:** щука, токи СВЧ, сушка, влажность, тепловой процесс, качество, хранимоспособность, нагрев.

## Введение

Процесс высушивания пищевых продуктов возможно осуществлять различными методами, один из них сушка токами СВЧ.

Микроволны – это неионизирующие электромагнитные волны, расположенные в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц. Международный союз электросвязи разрешил использование нескольких микроволновых частот в промышленных, научных, медицинских и бытовых целях [1]. (ISM-D) (Меда и др., 2017).

Микроволновая печь (MW) предлагает уникальный механизм нагрева, который объемно выталкивает внутреннюю влагу на поверхность во время сушки продуктов с высоким содержанием воды, таких как рыба [2].

Была исследована конвективная сушка клипфиша (вяленой трески) с использованием микроволн (МВТ) при различной интенсивности. Определенная кинетика показывает, что время сушки может сократиться более чем на 90% при интенсивности микроволн  $155 \text{ Вт кг}^{-1}$  [3].

Zhen-hua Duan было исследовано влияние нагрева горячим воздухом в микроволновой печи на сушку и качественные характеристики свежего рыбного филе тилапии. Экспериментальные кривые сушки были получены при трех мощностях микроволнового излучения (200, 400 и 600 Вт) после сушки горячим воздухом при двух температурах воздуха (40 и 50°C) и постоянной скорости воздуха 1,5 м/с. Были исследованы некоторые показатели качества, такие как усадка, регидратация и восстановительные свойства. Результаты показали, что увеличение мощности СВЧ привело к снижению конечного содержания влаги при сушке в течение того же периода времени. Чем выше температура горячего воздуха, тем выше скорость обезвоживания. Коэффициент усадки и коэффициент регидратации увеличивались с увеличением мощности микроволнового излучения и температуры воздуха. Однако коэффициент извлечения уменьшался с увеличением мощности микроволнового излучения и температуры воздуха. Более низкая температура горячего воздуха и мощность микроволновой печи способствуют сохранению качества филе тилапии [4].

Рыбу толстолобика сушили в микроволновой печи при разной мощности (100, 300 и 500 Вт). Высушенную рыбу консервировали в полиэтиленовых пакетах после удаления воздуха с помощью вакуума и хранили при лабораторной температуре. Для этих образцов были проведены аналитические тесты и определение содержания микроорганизмов при длительности хранения (0, 15, 30, 45 и 60) дней. В сушеной рыбе наблюдалось снижение общего содержания микробов после сушки до нуля, затем оно постепенно увеличивалось до достижения максимального количества в конце срока хранения по сравнению со свежей рыбой. В то время как бактерии кишечной палочки и грибки отсутствовали в сушеной рыбе в течение всего срока хранения. Липолитические и протеолитические бактерии, обнаруженные через (45 и 30) дней после окончания срока хранения соответственно, достигают своего максимального предела в конце срока хранения 60 дней [5].

Реструктурированные хрустящие рыбные кубики, содержащие *Salicorniabilgelovii*Torr. (*S. bigelovii*), были разработаны с использованием микроволновой вакуумной сушки. Была проведена серия экспериментов по сушке и оптимизации для оптимизации технологических условий микроволновой вакуумной сушки.

Результаты показали, что оптимальными условиями микроволнового вакуума были: начальное содержание влаги в сурими контролировалось на уровне 60,5% (влажная основа, вес.б.) и микроволновый нагрев в течение 20 мин при давлении вакуума 0,090 МПа и мощности микроволн 11 Вт/г. Конечный продукт имел однородную форму, однородную текстуру, приятный цвет и восхитительный вкус [6].



В исследовании изучалось влияние мощности микроволновой печи на кинетику массопереноса при сушке рыбного паштета. Содержание влаги и температура продукта регистрировались для получения эффективной коэффициента диффузии, определяющего процесс массообмена. Наблюдалось увеличение скорости сушки с увеличением мощности микроволн с 300 до 900 Вт. Поэтому микроволновая печь рекомендуется в качестве одного из вариантов сушки в пищевой промышленности благодаря более высокой скорости сушки и более эффективному нагреву [7].

Мидии (*Mytilusedulis*) можно употреблять в качестве альтернативного пищевого продукта для некоторых видов мяса, таких как говядина и рыба, благодаря высокому содержанию белка. В этом исследовании к *Mytilusedulis* было применено несколько уровней микроволновой мощности (90, 180, 360, 600 и 800 Вт), чтобы определить их влияние на кинетику сушки, характеристики регидратации и потребление энергии. Оптимальное время сушки, составляющее 16, 5 и 2 мин, было определено для уровней мощности микроволн 90, 180 и 360 Вт соответственно. Однако при мощности микроволн 600 и 800 Вт оптимальное время сушки составляло 80 и 60 с соответственно. Экспериментальные результаты показывают, что изменение уровней мощности микроволнового излучения незначительно влияет на кинетику сушки, характеристики регидратации и энергопотребление [8].

Целью исследования была разработка системы непрерывной микроволновой сушки с использованием горячего воздуха (НАМВ) и оценка эффективности сушки креветок под воздействием микроволнового излучения. Сушильная система состояла из сушильной камеры с конвейерной лентой размером 1,5 × 0,5 м, магнетрона мощностью 1,45 кВт для генерации микроволн с частотой 2450 ± 50 МГц, системы генерации горячего воздуха с воздушонагревателем мощностью 1 кВт и осевым вентилятором мощностью 50 Вт и других элементов управления. Содержание влаги в креветках снизилось с 80,55% до 16,5% в течение 3,5 ч после сушки. Эффект объемного нагрева микроволнами привел к сокращению времени сушки. Активность воды, коэффициент регидратации и усадка образцов сушеных креветок составили 0,552%, 2,51% и 14,14% соответственно при максимальном сохранении цвета. Был проведен предварительный и микробиологический анализ свежих и сушеных креветок, и было установлено, что они находятся в безопасных пределах [9].

Анализ литературных источников показывает широкую возможность использования микроволн в сушке рыбного сырья.

#### **Условия и методы исследования**

Для проведения экспериментов использовали стандартные методы. Химический состав сушеной рыбы был исследован с применением методик: содержание жира по ГОСТ 26829-86 [10], зола по ГОСТ 26226-95 [11], содержание белка по ГОСТ 7636-85 [12], содержание влаги по ГОСТ 13496.3 [13], количество соли по ГОСТ 7636-85 [12].

Для проведения исследований санитарно-показательных микроорганизмов использовались следующие методы: определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов ГОСТ 10444.15-94 [14], определение кишечной палочки по ГОСТ 31747-2012 [15], количество дрожжей и плесней по ГОСТ 10444.12-2013 [16], *S.aureus* по ГОСТ 30347-16 [17]. Определение сальмонелл в сухой рыбе осуществляли по ГОСТ 31659-2012 [18], листерий по ГОСТ 32031-2012 [19].

Опыты проводились в 3-х кратной повторности. Обработка экспериментальных данных проведена с помощью стандартных компьютерных программ, результаты выражены как общие средние величины с соответствующими стандартными отклонениями.

#### **Результаты исследований**

Целью данного исследования являлось проведение сравнительного анализа качества сушеной щуки, изготовленной с использованием СВЧ сушки и сушки горячим воздухом.

Для проведения эксперимента принимали сырье по качеству и количеству. Сырье было разделено на две части, одна часть предназначалась для сушки токами СВЧ, другая часть для тепловой сушки горячим воздухом.

Для сушки рыбы была выбрана щука мелких размеров. Сырье охлаждали до температуры 0-2<sup>0</sup>С. У рыбы потрошили брюхо и удаляли внутренности. Охлажденное сырье промывали чистой водой с температурой 15<sup>0</sup>С. У рыбы отделяли голову, плавники. Делались два надреза вдоль спинки. Рыбу оставляли при температуре 0<sup>0</sup>С на 8 часов, осуществляли

посолку рыбы при расходе соли 3,5-4 кг на 100 кг сырья. После окончания посолки, рыбу замораживали при температуре минус ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) в течении 6 часов. Замороженную рыбу нарезали на слайсере на ломтики толщиной 4 мм и далее отправляли на сушку СВЧ в микроволновую печь при разных мощностях 700, 800, 900 Вт. Высушенный продукт охлаждали воздухом с температурой  $5^{\circ}\text{C}$  в течении 10 мин. Готовую сушеную рыбу хранили при температуре  $18-20^{\circ}\text{C}$  в течении 5 месяцев.

Другую часть рыбы просушивали в сушильном шкафу горячим воздухом. Процесс осуществлялся в три стадии. На первой стадии проводили сушку при  $90^{\circ}\text{C}$  в течении 70 минут, далее подсушка при  $125^{\circ}\text{C}$  в течении 145 минут, сушка рыбы при  $100^{\circ}\text{C}$  в течении 130 минут. Общее время сушки составило 345 минут или 5 часов 45 минут, относительная влажность воздуха – не выше 35%, скорость движения воздушного потока от 0,5 м/сек до 1,5 м/сек.

Сушеную рыбу обдували воздухом с температурой  $5^{\circ}\text{C}$  с целью охлаждения в течении 10 минут и отправляли на упаковку.

Был исследован процесс изменения влаги в процессе сушки токами СВЧ в микроволновой печи при различных мощностях. Процесс изменения влаги в образцах приведен на рисунке 2.

Первоначально были заданы параметры сушки рыбы до конечной влажности продукта до 12%.

На рисунке 3 показана динамика изменения влаги в рыбе при сушке горячим воздухом. Конечные параметры влажности также устанавливались на 12%.

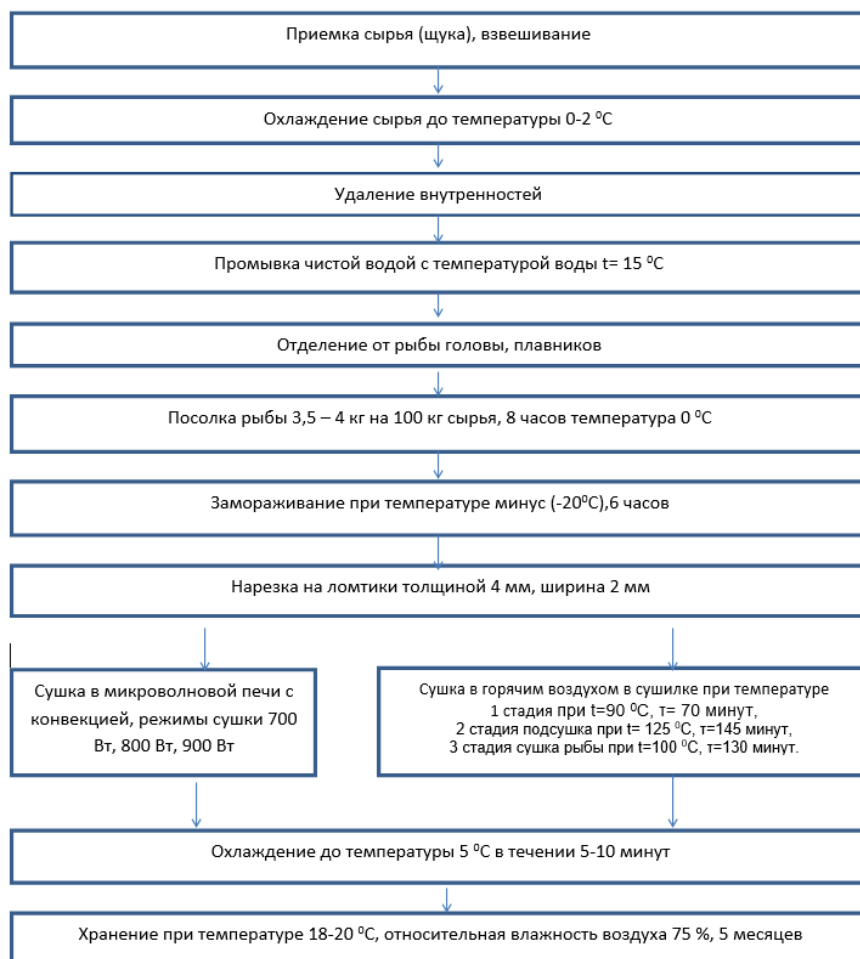


Рисунок 1 – Технологическая схема сушки рыбы (щуки)

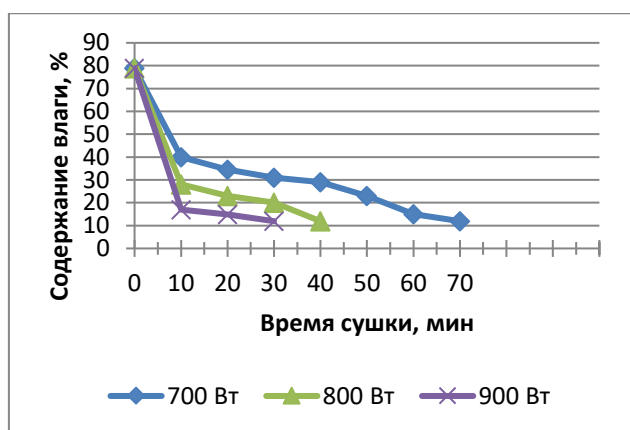


Рисунок 2 – Изменение влажности рыбы (щуки) в процессе сушки токами СВЧ

Динамики изменения влажности при сушке рыбы токами СВЧ показала, что при использовании 900 Вт процесс сушки рыбы можно завершить за 30 минут, при использовании 800 Вт процесс сушки завершается за 40 минут, при использовании 700 Вт сушка заканчивается через 70 минут.

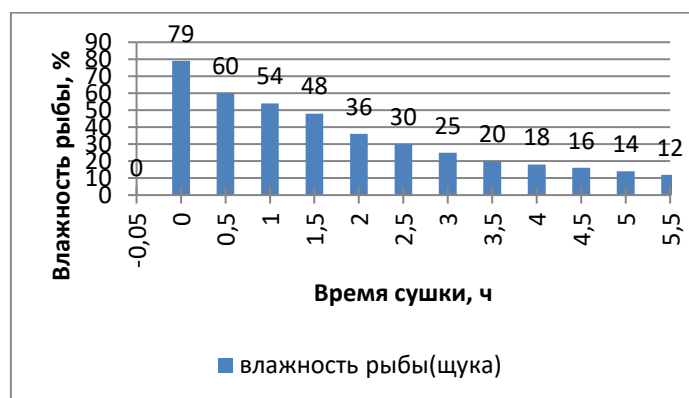


Рисунок 3 – Изменение влажности рыбы (щуки) в процессе сушки горячим воздухом

Анализ рисунка 3 показывает, что снижение влажности происходило интенсивно в начале сушки, к концу сушки влага испарялась умеренно, плавно и по истечении 5,5 часов достигала 12%.

### Обсуждение результатов

В высушенной рыбной продукции была определена пищевую ценность, результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Пищевая ценность сушеной рыбы

Показатель	Рыба, высушенная токами СВЧ 700 Вт	Рыба, высушенная токами СВЧ 800 Вт	Рыба, высушенная токами СВЧ 900 Вт	Рыба, высушенная горячим воздухом
Влага, %	12	12	12	12
Белки, %	46,1	46,2	46,6	46,2
Содержание соли %	6	6	6	7
Жир, %	4,1	4,1	4,2	4,0
Зола, %	2,6	2,65	2,7	2,6
Калорийность, кал	223	226	228	
Толщина кусочков, мм	0,4	0,4	0,4	0,4

Данные показывают, в целом, химический состав образцов сушеной рыбы резко не отличался друг от друга. В образце рыбы, высушенной при 900 Вт было выше содержание белка, золы, жира по сравнению с другими.

Полученные образцы были исследованы на органолептические показатели качества, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели сушеной щуки

Показатель	Рыба, высушенная горячим воздухом	Рыба, высушенная токами СВЧ 700 Вт	Рыба, высушенная токами СВЧ 800 Вт	Рыба, высушенная токами СВЧ 900 Вт
Внешний вид	Поверхность чистая. Допускается незначительный налет поваренной соли на поверхности	Поверхность чистая. Допускается незначительный налет поваренной соли на поверхности. Ломтики светлые	Поверхность чистая. Допускается незначительный налет поваренной соли на поверхности	Поверхность чистая. Допускается незначительный налет поваренной соли на поверхности
Запах	Рыбный, без посторонних запахов	Рыбный, без посторонних запахов	Рыбный, без посторонних запахов	Рыбный, без посторонних запахов
Консистенция	Плотная, твердая	Плотная, твердая однородная	Плотная, твердая однородная	Плотная, твердая однородная
Вкус	Вкус резко солоноватый рыбный	Вкус солоноватый рыбный	Вкус солоноватый рыбный	Слегка солоноватый, рыбный

Органолептические показатели рыбы оказались удовлетворительные. У образца, высушенного горячим воздухом более сильнее ощущалась солоноватость вкуса.

Следующим этапом являлось изучение санитарно-показательных микроорганизмов в образцах при хранении в течении 5 месяцев. Данные по микробиологическому составу представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Санитарно-показательные микроорганизмы сушеной рыбы

Образец	Время хранения	Объем, масса продукта см <sup>3</sup> , г в котором не допускается			КМАФНМ, КОЕ**/ см <sup>3</sup> (г), не более	Дрожжи (Д), плесневые грибы (П), КОЕ/см <sup>3</sup> (г), не более	
		Бактерии группы кишечной палочки (БГКП)	<u>Staphylococcus aureus</u>	Листерии <u>L.monocytogenes</u>			Патогенные, в том числе <u>Salmonella</u>
Рыба, высушенная горячим воздухом	0	0	0	0	0	3 x 10 <sup>4</sup>	2,5±0,74
	1 месяц	0	0,02±0,010	0	0	3,2 x 10 <sup>4</sup>	3,0±0,11
	2 месяца	0	0,03±0,010	0	0,4±0,010	3,4 x 10 <sup>4</sup>	6,1±0,21
	3 месяца	0,001±0,01	0,04±0,010	0	2±0,010	3,7 x 10 <sup>4</sup>	8,2±0,44
	4 месяца	0,0023±0,01	0,043±0,010	0	3,4±0,010	4,5 x 10 <sup>4</sup>	10,1±0,32
	5 месяцев	0,0025±0,0022	0,05±0,010	0	7±0,010	5,2 x 10 <sup>4</sup>	15,3±0,25
Рыба, высушенная токами СВЧ 700 Вт	0	0	0	0	0	1 x 10 <sup>4</sup>	1,2±0,10
	1 месяц	0	0	0	0	1,11 x 10 <sup>4</sup>	1,95±0,33
	2 месяца	0	0	0	0	1,26 x 10 <sup>4</sup>	2,36±0,18
	3 месяца	0,0025±0,001	0,011±0,010	0	0,5±0,010	1,74 x 10 <sup>4</sup>	4,75±0,85
	4 месяца	0,0034±0,0011	0,023±0,010	0	0,7±0,010	1,94 x 10 <sup>4</sup>	7,21±0,71
	5 месяцев	0,0044±0,0010	0,033±0,011	0	0,9±0,010	2,74 x 10 <sup>4</sup>	8,33 ±0,11
Рыба, высушенная токами СВЧ 800 Вт	0	0	0	0	0	0,9 x 10 <sup>4</sup>	0,8±0,22
	1 месяц	0	0	0	0	1,0 x 10 <sup>4</sup>	1,25±0,33
	2 месяца	0	0	0	0	1,11 x 10 <sup>4</sup>	2,17±0,18
	3 месяца	0,0015±0,014	0,009±0,010	0	0,3±0,010	1,54 x 10 <sup>4</sup>	4,11±0,85
	4 месяца	0,0021±0,014	0,013±0,010	0	0,4±0,010	1,74 x 10 <sup>4</sup>	6,21±0,71
	5 месяцев	0,031±0,0010	0,021±0,011	0	0,6	2,03 x 10 <sup>4</sup>	7,30 ±0,61
Рыба, высушенная токами СВЧ 900 Вт	0	0	0	0	0	0,6 x 10 <sup>4</sup>	0,6±0,08
	1 месяц	0	0	0	0	0,8 x 10 <sup>4</sup>	1,05±0,33
	2 месяца	0	0	0	0	0,9 x 10 <sup>4</sup>	1,37±0,18
	3 месяца	0,0010±0,0014	0,007±0,010	0	0,3±0,010	1,14 x 10 <sup>4</sup>	3,01±0,85
	4 месяца	0,0013	0,010±0,010	0	0,4±0,010	1,34 x 10 <sup>4</sup>	4,11±0,71
	5 месяцев	0,0021±0,0010	0,015±0,011	0	0,6±0,010	1,77 x 10 <sup>4</sup>	5,10 ±0,61
Норма по техническому регламенту* (ТР 040/2016 )		0,01	0,1	25	25	5 x 10 <sup>4</sup>	100

\*Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции" (ТР ЕАЭС 040/2016)

Анализ табличных данных показывает, что санитарно-показательные микроорганизмы в образце сушеной щуки, высушенной токами СВЧ при 900 Вт имеет наименьшие значения по сравнению с другими образцами. В образце щуки, высушенной горячим воздухом КМАФНМ превысило нормируемое значение на 5 месяце хранения, следовательно, такой образец рекомендуется хранить 4 месяца. Исследование позволяет сделать вывод, что сушка микроволновым излучением способствует снижению микробной обсеменённости, повышает сроки хранения продукта.

### **Заключение**

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что токи высокой частоты способствуют улучшению пищевой ценности продукта, в частности повышения количества белка на 0,4%, содержание золы на 0,1%, жира на 0,2% по сравнению с образцом, высушенным горячим воздухом. Токи СВЧ позволяет сократить время высушивания щуки, повышают хранимоспособность готовой продукции, это становится явным при изучении санитарно-микробиологических показателей. Органолептические показатели продукта в целом соответствуют нормам, в образце высушенным горячим воздухом ощущается больше солоноватость, так как в нем содержание соли составляет 7%, а в образцах, высушенных СВЧ 6%. Токи СВЧ позволяют сократить технологический процесс производства, повысить качество продукции и ее хранимоспособность.

### **Список литературы**

1. Meda V. Microwave heating and the dielectric properties of foods / V. Meda, V. Orsat, V. Raghavan // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. – 2017. – V. 2. – P. 23-43.
2. Recent trends and future potential of microwave-assisted fish drying / Md. Fahim Shahriar et al // Drying Technology. – 2022. – 40:16. – P. 3389-3401.
3. Michael Bantle Model and process simulation of microwave assisted convective drying of cliffish / Bantle Michael, Käfer M. Eikevik Timo, Trygve // Applied Thermal Engineering. – 2013. – Vol. 59, Issues 1-2, P. 675-682.
4. Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating / Zhenhua Duan et al // Food and Bioproducts Processing. – 2011. – Volume 89, Issue 4. – P. 472-476.
5. Al-Temimi Wasan K. Studying of physical and chemical properties and microbial content for dried fish by microwave / Al-Temimi Wasan K. Abdul Razzaq // Diyala Agricultural Sciences Journal (DASJ). – 2018. – Vol. 10, № 1.
6. Restructured Crispy Fish Cubes Containing *Salicorniabiliglovii* Torr. Developed with Microwave Vacuum Drying / L. Wang et al // Journal of Aquatic Food Product Technology. – 2013. – 22:3. – P. 226-240.
7. Hii ChingLik Simulation of mass transfer kinetics of microwave drying of fish paste / Hii ChingLik, Choon Lai Chiang, Rebecca Li Lian Tan // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2357, № 1.
7. Hii C.L. Simulation of mass transfer kinetics of microwave drying of fish paste / C.L. Hii, C.L. Chiang, R.L.L. Tan // AIP Conference Proceedings. – 2022. – T. 2357, № 1.
8. Kipcak A.S. Microwave drying kinetics of mussels (*Mytilusedulis*) / A.S. Kipcak // Res Chem Intermed. – 2017. – № 43. – P. 1429-1445.
9. Development and evaluation of hot air-assisted microwave dryer for shrimp (*Metapenaeusdobsoni*) / P.V. Alfiya et al // Journal of Food Processing and Preservation. – 2022. – T. 46, № 11. – P. 17112.
10. ГОСТ 26829-86 Консервы и пресервы из рыбы. Методы определения жира. – М.: Стандартинформ, 2001. – 11 с.
11. ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой золы. – М.: Стандартинформ, 2003. – 8 с.
12. ГОСТ 7636 – 85 Рыба морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Стандартинформ, 2013. – 121 с.

13. ГОСТ 13496.3-92 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги. – М.: Стандартинформ, 2011. – 6 с.
14. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М: Стандартинформ, 2010. – 311 с.
15. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
16. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
17. ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазол-ожижительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. – М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.
18. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. – М.: Стандартинформ, 2012. – 21 с.
19. ГОСТ 32031-2012. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*. – М.: Стандартинформ, 2012. – 27 с.

### References

1. Meda V. Microwave heating and the dielectric properties of foods / V. Meda, V. Orsat, V. Raghavan // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. – 2017. – V. 2. – R. 23-43. (In English).
2. Recent trends and future potential of microwave-assisted fish drying / Md. Fahim Shahriar et al // Drying Technology. – 2022. – 40:16. – R. 3389-3401. (In English).
3. Michael Bantle Model and process simulation of microwave assisted convective drying of clipfish / Bantle Michael, Käfer M. Eikevik Timo, Trygve // Applied Thermal Engineering. – 2013. – Vol. 59, Issues 1-2, R. 675-682. (In English).
4. Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating / Zhenhua Duan et al // Food and Bioprocess Technology. – 2011. – Volume 89, Issue 4. – R. 472-476. (In English).
5. Al-Temimi Wasan K. Studying of physical and chemical properties and microbial content for dried fish by microwave / Al-Temimi Wasan K. Abdul Razzaq // Diyala Agricultural Sciences Journal (DASJ). – 2018. – Vol. 10, № 1. (In English).
6. Restructured Crispy Fish Cubes Containing *Salicornia bigelovii* Torr. Developed with Microwave Vacuum Drying / L. Wang et al // Journal of Aquatic Food Product Technology. – 2013. – 22:3. – R. 226-240. (In English).
7. Hii ChingLik Simulation of mass transfer kinetics of microwave drying of fish paste / Hii ChingLik, Choon Lai Chiang, Rebecca Li Lian Tan // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2357, № 1.
7. Hii C.L. Simulation of mass transfer kinetics of microwave drying of fish paste / C.L. Hii, C.L. Chiang, R.L.L. Tan // AIP Conference Proceedings. – 2022. – T. 2357, № 1. (In English).
8. Kipcsak A.S. Microwave drying kinetics of mussels (*Mytilus edulis*) / A.S. Kipcsak // Res Chem Intermed. – 2017. – № 43. – R. 1429-1445. (In English).
9. Development and evaluation of hot air-assisted microwave dryer for shrimp (*Metapenaeus doobsoni*) / P.V. Alfiya et al // Journal of Food Processing and Preservation. – 2022. – T. 46, № 11. – R. 17112. (In English).
10. GOST 26829-86 Konservy i presyry iz ryby. Metody opredeleniya zhira. – М.: Standartinform, 2001. – 11 s. (In Russian).
11. GOST 26226-95 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metod opredeleniya syroi zoly. – М.: Standartinform, 2003. – 8 s. (In Russian).
12. GOST 7636 – 85 Ryba morskije mlekopitayushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza. – М.: Standartinform, 2013. – 121 s. (In Russian).

13. GOST 13496.3-92 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya vlagi. – M.: Standartinform, 2011. – 6 s. (In Russian).
14. GOST 10444.15-94 Produkty pishchevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nykh aehrobnykh i fakul'tativno-anaehrobnykh mikroorganizmov. – M: Standartinform, 2010. – 311 s. (In Russian).
15. GOST 31747-2012 Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva bakterii gruppy kishechnykh palochek (koliformnykh bakterii). – M.: Standartinform, 2013. – 15 s. (In Russian).
16. GOST 10444.12-2013 Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva drozhzhei i plesnevykh gribov. – M.: Standartinform, 2014. – 16 s. (In Russian).
17. GOST 31746-2012 Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva koagulazopol ozhitel'nykh stafilokokkov i Staphylococcus aureus. – M.: Standartinform, 2013. – 28 s. (In Russian).
18. GOST 31659-2012 Produkty pishchevye. Metod vyyavleniya bakterii roda Salmonella. – M.: Standartinform, 2012. – 21 s. (In Russian).
19. GOST 32031-2012. Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya bakterii Listeria Monocytogenes. – M.: Standartinform, 2012. – 27 s. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Данное исследование выполнено в рамках научно-технической программы BR21882447 – «Разработка системы обеспечения безопасности пищевых продуктов в условиях длительного хранения на основе электрофизических и радиационных методов обработки» финансируемой Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.*

**Ж.Қ. Қалибекқызы<sup>1</sup>, Ф.Х. Смольникова\*, А.Н. Нұрғазезова<sup>1</sup>, М.М. Кәкімов<sup>2</sup>,  
Н.Р. Муслимова<sup>1</sup>**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., көш. Глинка, 20 А  
<sup>2</sup>Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. С. Сейфуллин,  
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62  
\*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

### **МИКРОТОЛҚЫНДЫ ТОҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ МЕН ЫСТЫҚ АУАДА КЕПТІРУ АРҚЫЛЫ КЕПТІЛГЕН ШОРТАННЫҢ САПАСЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ**

*Кептіру процесін жүргізу үшін әртүрлі технологиялық өңдеу әдістері қолданылады: сублимациялық кептіру, инфрақызыл сәулемен кептіру, микротолқынды тоқтар, термиялық қыздыру және т.б. Бұл мақалада балық шикізатын (шортанды) микротолқынды тоқтармен кептірудің технологиялық процесін зерттеуге (3 кептіру режимі – 700, 800, 900 Вт) және ыстық ауамен термиялық кептіруді, сақтау процесінде санитарлық микроорганизмдерді зерттеуді зерттеуге бағытталған зерттеулер келтірілген. Зерттеу кезінде стандартты әдістер қолданылды. Зерттеуде стандартты әдістер қолданылды. Тәжірибелер үш данада жүргізілді және математикалық статистика әдістерін қолдану арқылы өңделді. Зерттеу нәтижелері микротолқынды тоқтармен кептіру 900 Вт-та тиімді екенін көрсетті, кептіру уақыты қысқарады, ал микробиологиялық көрсеткіштер ыстық ауамен әдеттегі термиялық кептіруге қарағанда төмен мәндерге ие. Кептірілген балықтың химиялық құрамы аздап ерекшеленеді, бірақ 900 Вт-та кептірілгенде, өнім ақуыздың жоғары мөлшерімен ерекшеленеді. Микротолқынды тоқтармен кептірілген балықтың сақтау қабілеттілігі ыстық ауамен кептіруге қарағанда жоғары, бұл сонымен қатар азық-түлік өнімдерінің осы санаты үшін үлкен артықшылық болып табылады. Дайын өнімі техникалық регламенттердің стандарттарына сай болды және оң физикалық, химиялық және органолептикалық көрсеткіштерге ие болды.*

**Түйін сөздер:** шортан, микротолқынды тоқтар, кептіру, ылғалдылық, термиялық процесс, сапа, сақтау қабілеті, жылыту.

Zh.K. Kalibekkyzy<sup>1</sup>, F.H. Smolnikova\*, A.N. Nurgazezova<sup>1</sup>, M.M. Kakimov<sup>2</sup>, N.R. Muslimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A, st. Glinka

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62, Zhenis Avenue

\*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE QUALITY OF DRIED PIKE USING MICROWAVE CURRENTS AND HOT AIR DRYING

*To carry out the drying process, various technological processing methods are used: sublimation drying, drying with infrared radiation, microwave currents, thermal heating, etc. This article presents studies that are aimed at studying the technological process of drying fish raw materials (pike) with microwave currents (3 modes drying – 700, 800, 900 W) and thermal drying with hot air, research of sanitary indicative microorganisms during storage. Standard methods were used in the study. The experiments were carried out in triplicate and processed using the methods of mathematical statistics. The results of the study showed that drying with microwave currents is effective at 900 W, the drying time is reduced, and microbiological indicators are lower than with conventional thermal drying with hot air. The chemical composition of dried fish differs slightly, but when dried at 900 W, the product has a higher protein content. The shelf life of fish dried using microwave currents is higher than when dried with hot air, which is also a big advantage for this category of food products. The finished products met the standards of technical regulations and had positive physical, chemical and organoleptic indicators.*

**Key words:** pike, microwave currents, drying, humidity, thermal process, quality, storage capacity, heating.

### Сведения об авторах

**Жанар Калибекқызы** – кандидат технических наук, доцент, член правления, проректор по науке и инновациям департамента науки, Университет Шакарима, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhanar\_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6859-4472>.

**Фарида Смольникова\*** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств и биотехнологии»; Университет Шакарима, Семей, Республика Казахстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

**Алмагуль Нургазезова** – кандидат технических наук, руководитель департамента послевузовского образования; Университет Шакарима, Семей, Республика Казахстан; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Мухтарбек Какимов** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский научно-исследовательский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

**Назерке Муслимова** – PhD докторант кафедры «Технологии пищевых производств и биотехнологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Жанар Қалибекқызы** – т.ғ.к., доцент, кеңес мүшесі, Қазақстан Республикасы Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің ғылым бөлімінің ғылым және инновациялар жөніндегі проректоры; e-mail: zhanar\_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6859-4472>.

**Фарида Смольникова\*** – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

**Алмагүл Нұрғазезова** – техника ғылымдарының кандидаты, жоғары оқу орнынан кейінгі білім департаментінің басшысы; Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан Республикасы; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Мұхтарбек Кәкімов** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедра меңгерушісі, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.



**Назерке Муслимова** – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының PhD докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

#### Information about the authors

**Zhanar Kalibekkyzy** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Member of the Board, Vice-Rector for Science and Innovation, Department of Science, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanar\_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6859-4472>.

**Farida Smolnikova\*** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

**Almagul Nurgazezova** – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Postgraduate Education; Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: almanya1975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

**Mukhtarbek Kakimov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Technology of Food and Processing Industries», Kazakh Scientific Research Agrotechnical University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

**Nazerke Muslimova** – PhD doctoral student of the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: muslimova.n.r@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2536-0590>.

Поступила в редакцию 09.04.2024  
Поступила после доработки 22.04.2024  
Принята к публикации 23.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-35

МРНТИ 65.63.33



**Р.К. Макеева<sup>1</sup>, Д.А. Тлевлесова<sup>1\*</sup>, Л.Л. Гинойн<sup>2</sup>, Н.Т. Абраимов<sup>2</sup>, Б.С. Сансызбаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»

050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Гагарина, 238 Г

<sup>2</sup>Organic and minerals Limited

Z05T3F5, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Мангилик Ел, 3Д. 55/22

\*e-mail: tlevlessova@gmail.com

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕСЕРТОВ НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА

**Аннотация:** В настоящее время производители продуктов питания стремятся выделить свою продукцию с помощью креативных стратегий сегментации и позиционирования, фокусируясь на функциональности и качестве. Творожные пасты со злаками демонстрируют значительный рыночный потенциал благодаря растущему интересу потребителей к здоровым и функциональным продуктам с изысканным вкусом и текстурой. Качество продукта напрямую зависит от качества сырья, что подчеркивает важность системы кормления животных. Качество козьего молока варьируется в зависимости от кормовой базы и условий содержания, влияя на его питательные характеристики.

Исследование выявило, что творожные пасты с добавлением талкана обладают улучшенными органолептическими и функциональными свойствами. Талкан обогащает продукт клетчаткой, витаминами и минералами, улучшает текстуру и придает легкий ореховый привкус. Производственный процесс включает пастеризацию молока, свертывание с использованием закваски и сычужного фермента, добавление талкана и функциональных компонентов (пробиотики, витамины, минералы). Полученный продукт отличается высокой питательной ценностью, содержанием белка и аминокислот, а также улучшенными микробиологическими показателями. Творожные пасты на основе козьего молока с талканом предлагают уникальное сочетание вкусов и текстуры, что делает их привлекательными для потребителей, заботящихся о здоровье. Разработанная технология обеспечивает высокое качество и безопасность продукта.

соответствуя современным требованиям. Перспективы дальнейших исследований включают оптимизацию технологических параметров и расширение ассортимента функциональных продуктов, что позволит повысить их привлекательность на рынке. Исследования показали, что козье молоко, особенно полученное при кормлении на пастбищах, обладает более высокими питательными свойствами, что благоприятно сказывается на конечном продукте. Применение современных методов обработки, таких как высокое давление, способствует сохранению питательных и сенсорных характеристик. Таким образом, творожная паста с талканом является перспективным продуктом для рынка функциональных продуктов питания, сочетая в себе высокую питательную ценность и уникальные вкусовые свойства.

**Ключевые слова:** Творожная паста, козье молоко, талкан, просо.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается рост интереса потребителей к продуктам, обладающим высокой пищевой ценностью и функциональными свойствами. Качество и состав козьего молока значительно зависят от системы кормления. Потребление травы на начальной стадии роста положительно влияет на производство молока и его жирность [1, 2]. Такие факторы, как разнообразие видов кормов, стадия вегетации, норма загрузки и сезон, играют важную роль в изменении качества молока (рис. 1).

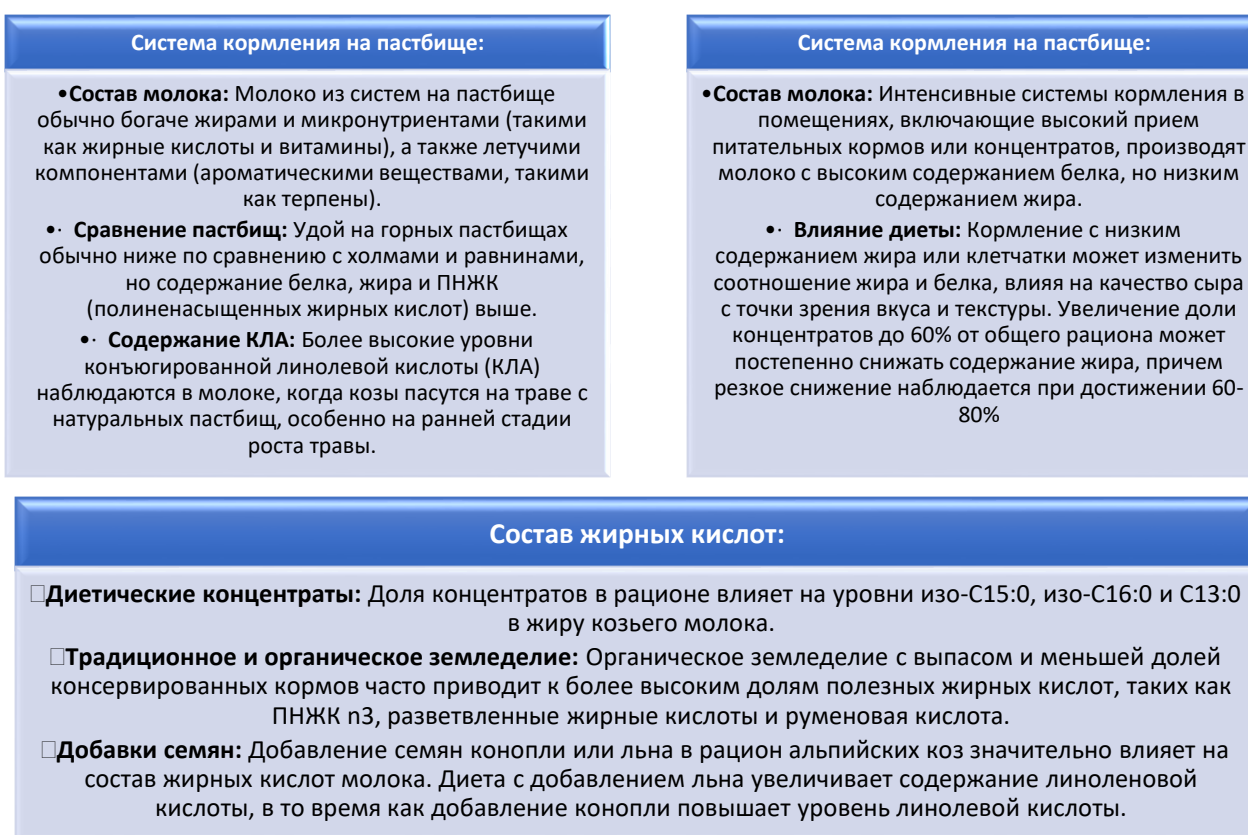


Рисунок 1 – Сравнение систем кормления

Одним из таких продуктов является козье молоко, которое благодаря своим уникальным характеристикам становится всё более популярным на мировом рынке. Козье молоко отличается высоким содержанием белка, витаминов и минералов, а также более лёгкой усвояемостью по сравнению с коровьим молоком [3].

Разработка десертов на основе козьего молока, в частности творожных паст, представляет собой перспективное направление в пищевой промышленности. Такие продукты могут удовлетворить потребности потребителей, стремящихся к здоровому питанию, и предоставить альтернативу традиционным молочным десертам. Творожные пасты из козьего молока могут включать различные добавки, такие как пробиотики и

пребиотики, что дополнительно повышает их функциональную ценность и привлекательность для потребителей [2,5].

Использование козьего молока для производства творожных паст также обосновано с экономической точки зрения. Козоводство требует меньше ресурсов по сравнению с коровами, а продукция из козьего молока имеет высокий спрос на рынке [4]. Кроме того, разнообразие казеинов и жирового состава козьего молока, обусловленное генетическими и физиологическими факторами, позволяет создавать продукты с улучшенными органолептическими характеристиками [5].

#### *Сравнение козьего молока с коровьим*

Триглицериды являются основными компонентами жира в молоке, составляя 97-98% от общего содержания липидов. В козьем молоке присутствуют триглицериды, такие как изо-С15:0, изо-С16:0 и С13:0, в более высоких концентрациях по сравнению с коровьим молоком. Кроме того, козье молоко богато конъюгированной линолевой кислотой (CLA) и полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК n3), что делает его более питательным и полезным для здоровья. Эти различия влияют на липидные профили производных продуктов, таких как творожные пасты, которые могут иметь различную текстуру и вкус в зависимости от типа используемого молока.

Качество козьего молока значительно зависит от условий кормления животных. Например, исследования показывают, что козы, питающиеся органическими кормами, производят молоко с более высоким содержанием омега-3 жирных кислот и конъюгированной линолевой кислоты (КЛА) по сравнению с козами, получающими высококонцентрированные корма [39]. Также было выявлено, что низкоинтенсивные системы кормления (пастбищное содержание) улучшают липидный профиль молока, увеличивая содержание полезных жирных кислот [38]. Эти различия в составе молока напрямую влияют на качество производимых из него продуктов, включая творожные пасты.

#### *Факторы, влияющие на содержание КЛА:*

- Наличие травы (которое меняется сезонно) и добавки семян (таких как соевый шрот, канола или рапс) могут значительно повысить концентрацию КЛА в молоке до 50%.
- Различия в содержании КЛА между козьим и коровьим молоком из разных регионов значительны.

#### *Состав жиров:*

- Козье и коровье молоко имеют существенно различный состав жиров, что влияет на липидные профили производных продуктов, таких как сыр.
- Содержание триглицеридов: Различия в содержании триглицеридов между козьим и коровьим молоком представлены в Таблице 1, 2.

Таблица 1 – Сравнение состава жирных кислот козьего молока в зависимости от систем кормления

Система кормления	Содержание белка	Содержание жира	Содержание ПНЖК	Содержание КЛА
Горное пастбище	Высокое	Высокое	Высокое	Высокое
Пастбище на холмах	Среднее	Среднее	Среднее	Среднее
Пастбище на равнинах	Низкое	Низкое	Низкое	Низкое
В помещении (Высокий уровень концентратов)	Высокое	Переменное	Переменное (зависит от диеты)	Переменное (зависит от диеты)

Как видно из таблицы 1 горное пастбище является оптимальным для повышенной ценности молока. Ферма на которой закупалось молоко, находится в горной местности и содержание на пастбищах, с соблюдением диеты (добавки витаминов ежедневно и в одно и тоже время), что дает стабильность в качестве молока.

Таблица 2 – Сравнение содержания различных триглицеридов в козьем и коровьем молоке

Тип триглицерида	Содержание в козьем молоке (%)	Содержание в коровьем молоке (%)
Iso-C15:0	Выше	Ниже
Iso-C16:0	Выше	Ниже
C13:0	Выше	Ниже
КЛА	Выше в травяном кормлении	Переменное
ПНЖК n3	Выше в органическом	Переменное

Это сравнение (табл. 1, 2) подчеркивает влияние различных систем кормления на питательное качество и состав козьего молока, а также ключевые различия между козьим и коровьим молоком [3,4]. Козы на ферме ТОО «Gala milk» в весенне-осенний период находятся на смешанном питании: днем на пастбищах, а вечером в помещении. Этот метод обеспечивает относительную стабильность качества молока.

Молочные продукты, такие как творожные пасты, становятся привлекательными для добавления пробиотических культур и пребиотических ингредиентов. Функциональный продукт обладает не только высокими питательными качествами, но и уникальным вкусом и текстурой, что делает его привлекательным для потребителей, заботящихся о своем здоровье [5,6].

Популярность творожных масс с каждым днем увеличивается, так же разрабатываются творожные пасты с разными добавками, придающими функциональную направленность продуктам. Например, способ производства творожной пасты осуществляется следующим образом. Получают творожный сгусток из козьего молока в количестве 85,5% и закваски, приготовленной из лактококков, в количестве 5%. Сгусток смешивают с биологически активной добавкой (2,5%), включающей нативное пчелиное маточное молочко, смешанное с медом (1:1), и растительным наполнителем (7%), таким как измельченный инжир, смешанный с сахаром (1:0,5) и уваренный в течение 20-30 минут. Подготовленную добавку и наполнитель вносят в творожную пасту охлажденными. Данный способ обеспечивает расширение ассортимента продукции и получение продукта с улучшенными органолептическими показателями и функциональными свойствами [7].

Творожная паста на основе козьего молока с талканом – это инновационный продукт, сочетающий полезные свойства козьего молока и талкана (муки из пророщенных зерен).

#### *Актуальность использования талкана*

Талкан, мука из пророщенных зёрен ячменя, добавляется в творожные пасты для улучшения их текстуры, вкуса и питательной ценности. Это традиционный продукт, богатый клетчаткой, витаминами и минеральными веществами, который способствует здоровому пищеварению и обладает множеством полезных свойств. Использование талкана позволяет создать продукт с уникальным вкусом и высоким содержанием пищевых волокон, что особенно привлекательно для современных потребителей, стремящихся к здоровому питанию [8,9].

#### *Совместимость вкуса*

Творожные пасты со злаками, в частности с талканом, предлагают сочетание нежного вкуса творога с ореховым привкусом талкана, что делает их уникальными и приятными на вкус. Талкан придает продукту легкий ореховый оттенок и улучшает его текстуру, делая пасту более однородной и густой. Это сочетание вкусов особенно хорошо воспринимается потребителями, предпочитающими натуральные и полезные продукты .

#### *Основные аспекты разработки*

Основные аспекты, связанные с разработкой творожных паст с добавлением пробиотических и пребиотических ингредиентов для хранения в условиях охлаждения, включают выбор качественного сырья, пастеризацию молока, использование заквасок и сычужного фермента, а также добавление функциональных компонентов. Это позволяет создать продукт высокого качества с уникальными вкусовыми и питательными характеристиками, которые соответствуют требованиям современных потребителей.

Целью данного исследования является разработка технологии производства десертов на основе творога из козьего молока, обогащённых злаками и пробиотическими добавками. В ходе исследования были изучены физико-химические и микробиологические показатели, а также аминокислотный состав готового продукта.

#### **Условия и методы исследования**

Исследование было проведено в несколько этапов:

1. **Подготовка сырья:** Козье молоко было закуплено у фермы ТОО «Gala milk», где козы содержались на смешанном питании (днём на пастбищах, вечером в помещении) в весенне-осенний период.
2. **Пастеризация молока:** Молоко пастеризовали при температуре 72-75°C в течение 15-20 секунд для уничтожения патогенных микроорганизмов.
3. **Сквашивание молока:** Для свертывания молока использовали закваску и сычужный фермент. Температура внесения закваски составляла 30°C, время сквашивания - 6 часов.
4. **Добавление пробиотиков:** После сквашивания в творожную массу добавляли пробиотики *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*, выбранные на основании их способности улучшать микробиологические показатели продукта.
5. **Подготовка талкана:** Талкан (мука из пророщенных зерен) обжаривался на среднем огне до приобретения коричневого оттенка и орехового запаха, затем остужался и измельчался до состояния муки.
6. **Смешивание ингредиентов:** Творожную массу смешивали с талканом в определенных пропорциях, а также добавляли биологически активные добавки, такие как нативное пчелиное маточное молочко и растительные наполнители (например, инжир, смешанный с сахаром).
7. **Формование и упаковка:** Готовую смесь фасовали в стерильные контейнеры и хранили при температуре 2-6°C.
8. **Анализ продукта:** Физико-химические характеристики (белок, жир, углеводы, кислотность, pH) определялись стандартными методами. Аминокислотный состав анализировался методом ВЭЖХ. Микробиологический анализ проводился согласно ГОСТ 10444.15-94.

В данном исследовании рассмотрены технологические аспекты производства творожной пасты с талканом, используя козье молоко. Исследования проводились в испытательной лаборатории ТОО "НУТРИТЕСТ" с использованием стандартных методов анализа молока и молочных продуктов, таких как ГОСТ 23327-98 и ГОСТ 33924-2016 .

#### *Подготовка и приём молока*

Козье молоко, поступающее на производство, принимается по качеству и количеству, установленному лабораторией производства. Молоко должно быть цельным, свежим и соответствовать требованиям санитарных и ветеринарных правил. Оно должно быть без посторонних привкусов и запахов, иметь плотность не менее 1027 кг/м<sup>3</sup>. Основным сырьем для десертов является творог из пастеризованного козьего молока.

#### *Пастеризация и закваска*

Козье молоко пастеризуется при температуре 72-75°C в течение 15-20 секунд для уничтожения патогенных микроорганизмов. Для получения творожной массы используются закваска и сычужный фермент, а также пробиотики, включающие штаммы *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*.

#### *Переработка творога*

Свежий и замороженный творог подвергается обработке. Замороженный творог оттаивается при температуре 16-18°C до достижения температуры 3-5°C. Творог перетирается на вальцовках или коллоидной мельнице для получения однородной структуры. После частичного перемешивания добавляются сливки или сливочное масло, сахар и другие компоненты. Масса пастеризуется при 85-90°C и охлаждается до температуры не выше 40°C.

#### *Приготовление талкана из пшена*

Пшено обжаривается на среднем огне до приобретения коричневого оттенка и орехового запаха, затем остужается и измельчается до состояния муки.

#### *Расфасовка десерта*

Готовая сливочно-творожная масса чередуется с талканом и расфасовывается в потребительскую тару. Продукт доохлаждается и хранится в холодильной камере.

## Результаты исследований

Результаты испытаний продукта показали следующие характеристики:

Таблица 3 – Физико-химические показатели творожного десерта

Показатель	Значение
Массовая доля белка (%)	4,89
Массовая доля жира (%)	10
Массовая доля углеводов (%)	12
Энергетическая ценность (ккал/100 г)	170
Кислотность (°Т)	80
pH	4.5
Количество бифидобактерий и пробиотиков (КОЕ/г)	1x10 <sup>6</sup>
Отсутствие патогенных микроорганизмов	Соответствует ГОСТ 30726-2001, ГОСТ 30347-2016

Анализ показал, что массовая доля белка в исследуемом образце составила 4,89%, что соответствует нормативам ГОСТ 23327-98. Микробиологические показатели, такие как количество бифидобактерий и других пробиотических микроорганизмов, также соответствовали нормативным значениям, установленным ГОСТ 33924-2016.

Бифидобактерии и другие пробиотики в количестве 1x10<sup>6</sup> КОЕ/г (ГОСТ 33924-2016).

Отсутствие патогенных микроорганизмов: Включая БГКП (ГОСТ 30726-2001) и *Staphylococcus aureus* (ГОСТ 30347-2016).

Таблица 4 – Аминокислотный состав творожного десерта

Аминокислота	Содержание (мг/100 г продукта)
Аспарагиновая кислота	340,59
Глутаминовая кислота	905,97
Серин	275,25
Лейцин	150
Изолейцин	80
Валин	100
Лизин	140
Метионин	30
Фенилаланин	60
Треонин	90
Триптофан	20
Гистидин	60
Аланин	60
Аргинин	70
Глицин	50
Пролин	90
Тирозин	50
Цистеин	20

Аминокислотный анализ выявил высокое содержание таких аминокислот, как аспарагиновая кислота (340,59 мг/100 г), глутаминовая кислота (905,97 мг/100 г) и серин (275,25 мг/100 г), что свидетельствует о высокой пищевой ценности продукта.

Продукт показал хорошие органолептические свойства, стабильность при хранении и соответствие санитарным нормам. Все показатели соответствовали установленным стандартам, что подтверждает его безопасность и полезность для здоровья. На рисунке 2 показан ассортимент творожной пасты с Талканом



Рисунок 2 – фото готового продукта

## **Обсуждение научных результатов**

Разнообразие продуктов из козьего молока, таких как сыры, йогурты и мороженое, обусловлено его уникальными свойствами, включая низкое содержание  $\alpha$ 1-казеина и высокое содержание  $\beta$ -казеина, мелкие жировые глобулы и высокое содержание минералов и среднецепочечных жирных кислот. Высокое давление (НР) является нетепловым методом консервации пищи, который позволяет достичь микробиологической инактивации, эквивалентной тепловой обработке, без значительной потери питательных и сенсорных характеристик [10,11].

Разработанная технология производства творожной пасты на основе козьего молока с талканом демонстрирует высокую эффективность. Пастеризация молока и добавление пробиотиков способствуют улучшению микробиологической безопасности и питательной ценности продукта. Талкан, являясь богатым источником пищевых волокон, улучшает текстуру и органолептические свойства пасты. Высокое содержание белка и аминокислот делает данный продукт ценным элементом здорового питания.

## **Заключение**

Изучение технологии производства творожной пасты на основе козьего молока с талканом подтвердило перспективность данного направления в производстве функциональных продуктов питания. Продукт обладает высокими питательными и функциональными свойствами, способствует улучшению пищеварения и укреплению иммунной системы. Разработанная технология позволяет сохранять все полезные свойства компонентов, обеспечивая высокое качество готового продукта. Творожная паста с талканом может занять важное место в рационе людей, стремящихся к здоровому и сбалансированному питанию.

Технология производства творожной пасты с талканом на основе козьего молока позволяет получать продукт высокого качества с уникальными пищевыми и сенсорными характеристиками. Применение современных методов обработки, таких как высокое давление, а также оптимизация технологических параметров позволяют улучшить текстуру и вкусовые качества продуктов из козьего молока. Дальнейшие исследования в данной области помогут расширить ассортимент функциональных продуктов и повысить их привлекательность для потребителей.

Качество и состав козьего молока значительно зависят от системы кормления. Потребление травы на начальной стадии роста положительно влияет на производство молока и его жирность. Например, в системах кормления на пастбище молоко обычно богаче жирами и микронутриентами, а также летучими компонентами, такими как терпены. На горных пастбищах удои ниже по сравнению с холмами и равнинами, но содержание белка, жира и ПНЖК (полиненасыщенных жирных кислот) выше.

В системах кормления в помещении, включающих высокий прием питательных кормов или концентратов, козье молоко имеет высокое содержание белка, но низкое содержание жира. Это соотношение может существенно повлиять на качество творожных паст. Высокое содержание белка способствует улучшению текстуры и питательной ценности, однако низкое содержание жира может привести к изменению консистенции и вкусовых характеристик продукта. Творожные пасты могут стать более сухими и менее кремовыми, что потребует корректировки рецептуры для достижения оптимального вкуса и текстуры.

Высокое давление (НР) является нетепловым методом консервации пищи, который позволяет достичь микробиологической инактивации, эквивалентной тепловой обработке, без значительной потери питательных и сенсорных характеристик. В дополнение к своему хорошо известному антимикробному эффекту, НР имеет потенциал вызывать обратимые и необратимые изменения в компонентах молока и их равновесиях.

Технология производства творожной пасты с талканом на основе козьего молока позволяет получать продукт высокого качества с уникальными пищевыми и сенсорными характеристиками. Применение современных методов обработки, таких как высокое давление, а также оптимизация технологических параметров позволяют улучшить текстуру и вкусовые качества продуктов из козьего молока. Дальнейшие исследования в данной области помогут расширить ассортимент функциональных продуктов и повысить их привлекательность для потребителей.

Творожная паста на основе козьего молока с талканом является перспективным продуктом, который сочетает в себе высокую питательную ценность и полезные свойства двух уникальных компонентов. Этот продукт может стать важной частью рациона людей, стремящихся к здоровому питанию, благодаря своим питательным и функциональным свойствам.

### Список литературы

1. Anklam E.H. Schieberle: Food Chemistry, Third Edition / E.H. Anklam, D. Belitz, W. Grosch // *Anal Bioanal Chem.* – 2005. – № 382. P. 10-11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-004-3036-9>.
2. Park Y.W. Goat Milk: Composition, Characteristics. *Encyclopedia of Animal Science* / Y.W. Park // W.G. Pond and N. Bell, eds. Marcel Dekker, Inc. New York. – 2005. – P. 474-477.
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition / G.F.W. Haenlein // *Small Ruminant Research.* – 2004. – № 51(2). P. 155-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>.
4. Goetsch, A.L. Factors affecting goat milk production and quality / A.L. Goetsch, S.S. Zeng, T.A. Gipson // *Small Ruminant Research.* – 2011. – № 101(1-3). P. 55-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.025>.
5. Вербицкий А.П. Творожные пасты с растительными компонентами / А.П. Вербицкий, Н.В. Котова // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды.* – 2018. – № 15(178). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tvorozhnye-pasty-s-rastitelnymi-komponentami> (дата обращения: 18.05.2024).
6. Зеленщикова В.А. Пребиотические свойства творожной пасты с растительными компонентами / В.А. Зеленщикова, Я.П. Сердюкова // *Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов.* – 2015. – С. 112.
7. Пат. 2766204 Российская Федерация, МПК А23С 9/123(2006.01); А23С 9/133(2006.01). Способ производства творожной пасты на основе козьего молока / Патиева А.М., Зыкова А.В., Патиева С.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский гос. агр. унив-т им. И.Т. Трубилина». – заявл. 29.01.2021; опублик. 09.02.2022, Бюл. № 4.
8. Оптимизация способа варки зерна могоара для производства пищевого концентрата «Талкан» / Г.К. Кузембаева и др. // *Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки.* – 2024. – № 1(13). С. 173-183. DOI: [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-22](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-22).
9. Попкова Г.Ю. Творожные изделия и новые технологии / Г.Ю. Попкова, В.А. Могильный // *Молочная промышленность.* – 2008. – № 8. – С. 22-23.
10. *Technological aspects of milk products* / W.L. Wendorff et al // *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals.* John Wiley & Sons. – 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119110316.ch2.3>.
11. *High hydrostatic pressure processing of dairy products* / C.F. Balthazar et al // *Food Research International.* – 2017. – № 97. – P. 105-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.009>.

### References

1. Anklam E.H. Schieberle: Food Chemistry, Third Edition / E.H. Anklam, D. Belitz, W. Grosch // *Anal Bioanal Chem.* – 2005. – № 382. R. 10-11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-004-3036-9>. (In English).
2. Park Y.W. Goat Milk: Composition, Characteristics. *Encyclopedia of Animal Science* / Y.W. Park // W.G. Pond and N. Bell, eds. Marcel Dekker, Inc. New York. – 2005. – P. 474-477. (In English).
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition / G.F.W. Haenlein // *Small Ruminant Research.* – 2004. – № 51(2). R. 155-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>. (In English).
4. Goetsch, A.L. Factors affecting goat milk production and quality / A.L. Goetsch, S.S. Zeng, T.A. Gipson // *Small Ruminant Research.* – 2011. – № 101(1-3). R. 55-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.025>. (In English).
5. Verbitskii A.P. Tvorozhnye pasty s rastitel'nymi komponentami / A.P. Verbitskii, N.V. Kotova // *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy.* – 2018. – № 15(178). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tvorozhnye-pasty-s-rastitelnymi-komponentami> (data obrashcheniya: 18.05.2024). (In Russian).



6. Zelenshchikova V.A. Prebioticheskie svoistva tvorozhnoi pasty s rastitel'nymi komponentami / V.A. Zelenshchikova, YA.P. Serdyukova // Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. – 2015. – S. 112. (In Russian).
7. Pat. 2766204 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23C 9/123(2006.01); A23C 9/133(2006.01). Sposob proizvodstva tvorozhnoi pasty na osnove koz'ego moloka / Patieva A.M., Zykova A.V., Patieva S.V.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskii gos. agr. univ-t im. I.T. Trubilina». – zayavl. 29.01.2021; opubl. 09.02.2022, Byul. № 4. (In Russian).
8. Optimizatsiya sposoba varki zerna mogara dlya proizvodstva pishchevogo kontsentrata «TalkaN» / G.K. Kuzembaeva i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 1(13). S. 173-183. DOI: [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-22](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-22). (In Russian).
9. Popkova G.YU. Tvorozhnye izdeliya i novye tekhnologii / G.YU. Popkova, V.A. Mogil'nyi // Molochnaya promyshlennost'. – 2008. – № 8. – S. 22-23. (In Russian).
10. Technological aspects of milk products / W.L. Wendorff et al // Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. John Wiley & Sons. – 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119110316.ch2.3>. (In English).
11. High hydrostatic pressure processing of dairy products / C.F. Balthazar et al // Food Research International. – 2017. – № 97. – R. 105-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.009>. (In English).

**Р.К. Макеева<sup>1</sup>, Д.А. Тлевлесова<sup>1\*</sup>, Л.Л. Гинойн<sup>2</sup>, Н.Т. Абраимов<sup>2</sup>, Б.С. Сансызбаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>«Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,  
050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Гагарин даңғылы, 238 ж

<sup>2</sup>Organic and minerals Limited,

Z05T3F5, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы, ғимарат. 55/22

\*e-mail: [tlevlessova@gmail.com](mailto:tlevlessova@gmail.com)

## **ЕШКІ СҮТІ НЕГІЗІНДЕГІ ДЕСЕРТТЕРДІ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

*Қазіргі уақытта азық-түлік өндірушілері функционалдылық пен сапаға назар аудара отырып, шығармашылық сегменттеу және позициялау стратегиялары арқылы өз өнімдерін саралауға тырысады. Дәнді дақылдар қосылған сүзбе пасталары дәмді дәмі мен құрылымы бар пайдалы және функционалды өнімдерге тұтынушылардың қызығушылығының артуына байланысты айтарлықтай нарықтық әлеуетті көрсетеді. Өнімнің сапасы шикізаттың сапасына тікелей байланысты, бұл малды азықтандыру жүйесінің маңыздылығын көрсетеді. Ешкі сүтінің сапасы оның қоректік қасиеттеріне әсер ететін жеммен қамтамасыз етілуіне және қоректену жағдайына байланысты өзгереді.*

*Зерттеу нәтижесінде талқан қосылған сүзбе спредтерінің органолептикалық және функционалдық қасиеттері жақсарғандығы анықталды. Талқан өнімді талшықтармен, витаминдермен және минералдармен байытады, құрылымын жақсартады және жеңіл жаңғақ дәмін береді. Өндіріс процесі сүтті пастерлеуді, стартер мен сары майдың көмегімен коагуляцияны, талқан және функционалдық компоненттерді (пробиотиктер, витаминдер, минералдар) қосуды қамтиды. Алынған өнім жоғары тағамдық құндылығымен, ақуыз және аминқышқылдарының құрамымен, сондай-ақ жақсартылған микробиологиялық көрсеткіштерімен сипатталады. Талқан қосылған ешкі сүтінен жасалған сүзбе спредтері хош иістер мен текстуралардың бірегей комбинациясын ұсынады, бұл оларды денсаулығын ойлайтын тұтынушылар үшін тартымды етеді. Әзірленген технология заманауи талаптарға сай өнімнің жоғары сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Әрі қарайғы зерттеулердің перспективалары технологиялық параметрлерді оңтайландыруды және функционалдық өнімдердің ассортиментін кеңейтуді қамтиды, бұл олардың нарықтағы тартымдылығын арттырады. Зерттеулер көрсеткендей, ешкі сүтінің, әсіресе жайылымда азықтандырылған сүттің тағамдық қасиеттері жоғары, бұл соңғы өнімге пайдалы. Жоғары қысым сияқты заманауи өңдеу әдістерін қолдану тағамдық және сенсорлық сипаттамаларды сақтауға көмектеседі. Осылайша, талқан қосылған сүзбе пастасы жоғары тағамдық құндылығы мен бірегей дәмдік қасиеттерін біріктіретін функционалды азық-түлік нарығы үшін перспективалы өнім болып табылады.*

**Түйін сөздер:** Сүзбе, ешкі сүті, талқан, тары.

**R.K. Makeeva<sup>1</sup>, D.A. Tlevlesova<sup>1\*</sup>, L.L. Ginoyan<sup>2</sup>, N.T. Abraimov<sup>2</sup>, B.S. Sansyzbaev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>TOO «Kazakh Scientific Research Institute of processing and Food Industry»

050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, Gagarin ave., 238

<sup>2</sup>Organic and minerals Limited

Z05T3F5, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El ave., ZD. 55/22

\*e-mail: tlevlessova@gmail.com

## **TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF DESSERTS BASED ON GOAT MILK**

*Nowadays, food manufacturers strive to differentiate their products through creative segmentation and positioning strategies, focusing on functionality and quality. Curd pastes with cereals show significant market potential due to growing consumer interest in healthy and functional products with a delicious taste and texture. The quality of the product directly depends on the quality of the raw materials, which emphasizes the importance of the animal feeding system. The quality of goat milk varies depending on the feed supply and housing conditions, affecting its nutritional characteristics.*

*The study found that curd spreads with the addition of talkan have improved organoleptic and functional properties. Talkan enriches the product with fiber, vitamins and minerals, improves texture and gives a light nutty flavor. The production process includes pasteurization of milk, coagulation using starter and rennet, adding talkan and functional components (probiotics, vitamins, minerals). The resulting product is characterized by high nutritional value, protein and amino acid content, as well as improved microbiological parameters.*

*Goat milk curd spreads with talkan offer a unique combination of flavors and textures, making them attractive to health-conscious consumers. The developed technology ensures high quality and safety of the product, meeting modern requirements. Prospects for further research include optimizing technological parameters and expanding the range of functional products, which will increase their attractiveness in the market. Research has shown that goat's milk, especially pasture-fed, has higher nutritional properties, which is beneficial to the final product. The use of modern processing methods, such as high pressure, helps to preserve the nutritional and sensory characteristics. Thus, curd paste with talkan is a promising product for the functional food market, combining high nutritional value and unique taste properties.*

**Key words:** Curd paste, goat milk, talkan, millet.

### **Сведения об авторах**

**Раушан Кадырхановна Макеева** – научный сотрудник TOO «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: zhanmaer@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6344-4301>.

**Динара Абаевна Тлевлесова\*** – PhD, асоциированный профессор, АО «Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; TOO «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»; e-mail: tlevlessova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Лилит Леоновна Гинойн** – учредитель TOO «BusinessProfConsult», г. Астана, Казахстан; e-mail: ginoyan\_lilit@mail.ru.

**Нурлан Тлеубердинович Абраимов** – руководитель TOO «BusinessProfConsult», г. Астана, Казахстан; e-mail: nurlan-1188@mail.ru.

**Бахытжан Советович Сансызбаев** – соучредитель TOO «BusinessProfConsult»; e-mail: baxitjan@mail.ru.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Раушан Қадырханқызы Макеева** – «Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС ғылыми қызметкері, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhanmaer@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6344-4301>.

**Динара Абайқызы Тлевлесова\*** – PhD, доцент, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы қ., «Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС; e-mail: tlevlessova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Лилит Леоновна Гинойн** – «BusinessProfConsult» ЖШС құрылтайшысы, Астана, Қазақстан; e-mail: ginoyan\_lilit@mail.ru.

**Нурлан Тлеубердинұлы Абраимов** – «BusinessProfConsult» ЖШС басшысы, Астана, Қазақстан; e-mail: nurlan-1188@mail.ru.

**Бахытжан Советович Сансызбаев** – «БизнесПрофКонсалт» ЖШС тең құрылтайшысы; e-mail: baxitjan@mail.ru.

### Information about the authors

**Raushan Kadyrkhanovna Makeeva** – researcher of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanmaer@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6344-4301>.

**Dinara Abaevna Tlevlessova\*** – PhD, associate professor, Almaty Technological University JSC, Almaty, Republic of Kazakhstan; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP; e-mail: tlevlessova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

**Lilit Levonovna Ginoyan** – founder of BusinessProfConsult LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: ginoyan\_lilit@mail.ru.

**Nurlan Tleuberdinovich Abraimov** – Head of LLP «BusinessProfConsult», Astana, Kazakhstan; e-mail: nurlan-1188@mail.ru.

**Bakhytzhан Sovetovich Sansyzbaev** – Co-founder of BusinessProfConsult LLP; e-mail: baxitjan@mail.ru.

Поступила в редакцию 18.05.2024  
Поступила после доработки 12.06.2024  
Принята к публикации 13.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-36

MPHTI: 65.55.37



**А.Ф. Төлегенова\*, Б.К. Тарабаев**

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,  
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

\*e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru

## **ЖҮГЕРІ КРАХМАЛЫНАН ТӨМЕН ДЕКСТРОЗА ЭКВИВАЛЕНТІ (DE) БАР МАЛЬТОДЕКСТРИН АЛУ**

**Аңдатпа:** Зерттеу жүгері крахмалының төмен декстро́за (DE) мальтодекстриндерін алу әдістерін өзірлеуге бағытталған, бұл әртүрлі салалар, соның ішінде тамақ және фармацевтика үшін маңызды. DE деңгейлері әртүрлі мальтодекстриндер тәттілерден бастап дәрі-дәрмектерге дейінгі көптеген өнімдерде шешуші рөл атқарады және олардың қасиеттері өндіріс процесіне байланысты өзгереді. Зерттеу оңтайлы жағдайларды, соның ішінде уақытты, температураны және әртүрлі ферменттерді қолдануды анықтау үшін мальтодекстриндерді өндірудің әртүрлі тәсілдері мен технологияларын зерттелді. Бұл параметрлерді түсіну өндіріс тиімділігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар қажетті қасиеттері бар өнімдерді алуға мүмкіндік береді. Зерттеудің маңызды бөлігі алынған мальтодекстриндердің физика-химиялық қасиеттерін, мысалы, молекулалық құрылымын, сорбциялық қабілетін және олардың гелеу немесе тұтқырлық қабілеті сияқты функционалдық сипаттамаларын талдау болып табылады. Бұл осы өнімдердің өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолданылуын жақсырақ түсінуге және оңтайландыруға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмыстары жүгері крахмалынан алынған төмен декстрозалы эквивалентті мальтодекстриндердің өндірістік процестерді дамытуға негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** жүгері крахмалы, мальтодекстрин, декстро́за эквиваленті, крахмалды желатиндеу, фермент, қышқыл орта.

### **Кіріспе**

Крахмал тамақ өнеркәсібінде маңызды өнім болып табылады және тағамдық қоспалардан тоқыма өнеркәсібіне дейінгі әртүрлі өнімдерде әртүрлі қолданбаларға ие.

Өндірілген крахмалдың шамамен 50% - ы қант, сироп және құрамында қант бар басқа да өнімдерді өндіруді қамтитын қант өнімдерін өндіруге бағытталған [1,2].

Қазіргі уақытта азық-түлік өндірісіне арналған шикізат болып табылатын қанты бар заттардың ассортименті кеңейді [7]. Бүгінгі таңда тағамдық ингредиенттер нарығы тағамдық қоспалардың кең ассортиментімен ұсынылған [9].

Мальтодекстриндер тағамдық қоспаларға жатады. Олар эмульгаторлы, тұрақтандырғыш және ылғал сақтайтын қасиеттерге ие тәттілендіргіш ретінде пайдаланылады [10].

Мальтодекстриндер крахмалдың толық емес ферментативті және қышқылдық гидролизінің өнімдері болып табылады, декстроза эквивалентінің ДЭ мәнімен сипатталады [8].

Мальтодекстрин тағамға келесі мақсаттарда қосылады: олардың консистенциясын жақсарту; дәм мен хош иістендіргіштердің қасиеттерін сақтау және тасымалдау үшін; пудингтерде, сорпаларда, мұздатылған тағамдарда қоюландырғыш және толтырғыш ретінде [6].

Төмен декстроза эквиваленті (DE) мальтодекстринді алу – бұл әртүрлі салаларда көптеген қосымшаларға ие болуы мүмкін маңызды технологиялық процесс [2]:

– ұнтақ хош иістендіргіштер үшін тасымалдаушы ретінде және хош иісті қоспалардың негізі ретінде;

– олар сонымен қатар диеталық тәттілендіргіштер үшін тамаша негіз болып табылады.

Стерильденген және мұздатылған тұздықтар мен сорпалар үшін құрғақ заттардың құрамын арттыру үшін  $de = 12, 17$  және  $19$  бар мальтодекстриндерді қолдану ұсынылады [5].

Тұздықтардың құрамына кіретін мальтодекстриндерді қолданудың маңызды оң әсерлерінің бірі осмостық қысымды теңестіру болып табылады, бұл альбумин, крахмал және сол сияқтылардың негізгі өнімнен тұздыққа көшуіне жол бермейді. Нәтижесінде дәм мен хош иіс жақсарады, микротолқынды пеште пісіргеннен кейін тағамның тартымды көрінісі сақталады. Томат тұздығында мальтодекстриндер қышқылдықтың төмендеуіне ықпал етеді. Тұздықтар немесе сорпалар сияқты мұздатылған өңделген тағамдарда қатты заттардың көп мөлшері еріген кезде балқу процесін тездетеді [5].

Балаларға арналған құрғақ формулаларда мальтодекстриндер идеалды көмірсулар болып табылады, олардың орташа молекулалық мөлшері крахмал молекулалары мен қарапайым қант молекулалары арасындағы орташа мөлшерге сәйкес келеді. Балалар тағамы үшін  $DE = 12, 18, 19$  бар мальтодекстриндер жиі қолданылады. Төмен DE мальтодекстрин ерітінділері қарапайым қанттарға қарағанда ішекке жақсы сіңеді: молекулалық салмағы төмен декстроза, сахароза, фруктоза немесе лактоза. Мальтодекстриндердің әлсіз тәтті дәмі балалардың тәттілерге тәуелділігін тудырмайды [5].

Мақсаты: Жүгері крахмалынан төмен декстроза эквиваленті (DE) бар мальтодекстрин алу.

### **Материалдар және әдістемесі**

Мальтодекстриндер сипатталған әдіске сүйене отырып, алынды [3]. Алынған әдіс бойынша алынған құрғақ заттар, фермент дозасы және қолданылған аппараттарында ерекшеліктер бар.

Зерттеу нысаны МЕМСТ 32159-20131 сәйкес жүгері крахмалы болды.

Крахмалды желатиндеу. Крахмалдың суспензиясы 200 г крахмалға 1 л дистилленген сумен араластырылады (30% крахмал құрғақ зат суспензиясына сәйкес келеді). 0,23 г кальций хлориді қосылды. рН NaOH 0,1 натрий гидроксидімен 6,5-ке дейін түзетілді. 30-50 мкл Novozymes фирмасының (Дания) «Termamyl» ферменті қолданылды. Оңтайлы жұмыс температурасы 80-85°C, рН 6,5. Жүгері крахмалынан мальтодекстрин алу бойынша тәжірибелер «Ika LR 1000» қондырғысында жүргізілді.

Осы аппараттың көмегімен жүргізілген зерттеу жұмыстары крахмалды желатиндеу процесі, содан кейін ферментативтік гидролиз декстринизация процесі жүргізілді.

Мальтодекстриндер сипатталған әдіске сүйене отырып, алынды [3]. Крахмал суспензиясы 30% концентрацияда, гидролиз жүргізілді.

Мальтодекстриндердің декстроза эквиваленті Лейна-Эйнона МЕМСТ 50549-93 (ИСО 5377-81) әдісімен анықталды [4].

Центрифуга СМ-6МТ аппаратымен алынған сұйықтығымыздың тұнбасын алдық. Центрифуга аппаратында 30 минут ішінде минутына 3500 айн / мин жылдамдықпен 4 ° C температурада центрифугаланды.

Сироптар мальтодекстриндер бүріккішпен кептірілді mini Spray Dryer B-190 жабдықтары, қатты заттардың жалпы концентрациясы 300-ден 500 г/л-ге дейін болды. Температурасы 90-130°C аралығында болды. Осылайша, жүгері крахмалынан мальтодекстрин алу технологиялық процесі келесі негізгі операциялардан тұрады: крахмал суспензиясын дайындау; крахмалды сұйылту; гидролизатты салқындату; ферментативті декстринизация (қанттандыру); инактивация; центрифуга; кептіру; елеуден өткізу; дайын өнімді орау және сақтау.

Барлық зерттеу жұмыстары С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінде «Өсімдік шикізатын физика-химиялық зерттеу лабораториясында» жасалды.

### Талқылау мен нәтижелер

Мальтодекстриндерді өндірудің ұсынылған технологиясы крахмалдың ферментативті гидролизінің жағдайына байланысты бұл технология әртүрлі декстрога эквивалентінің (DE) мальтодекстринін алуға мүмкіндік береді (сурет 1).



Сурет 1 – Жүгері ұнынан мальтодекстрин алу технологиясы

Кесте жүгері крахмалынан алынған мальтодекстриндердің сипаттамаларын ұсынады. Онда ылғалдың массалық үлесі, жалпы күл, декстрога эквиваленті, сутегі көрсеткіші (РН), сондай-ақ бөгде механикалық қоспалар мен бос минералды қышқылдардың болмауы туралы ақпарат бар.

Ылғалдың массалық үлесі 2,3% құрайды, бұл ылғалдылықтың төмендігін көрсетеді, бұл өнімді сақтау және оның тұрақтылығы үшін маңызды. Жалпы күлдің массалық үлесі 0,25% құрайды, бұл минералды құрамның салыстырмалы түрде төмен екендігін көрсетеді, бұл өнімнің тазалығын бағалау және оны тамақ және фармацевтика өнеркәсібінде қолдану кезінде маңыздылығын арттырады.

Декстрозаның эквиваленті 17% құрайды, бұл мальтодекстриндегі декстрозаның құрамын көрсетеді. Бұл параметр функционалдық қасиеттерді анықтау және өнімді әртүрлі салаларда қолдану үшін маңызды. Сутегі көрсеткіші (РН) 5,2-ге тең, бұл аздап қышқыл ортаны көрсетеді, бұл өнімнің басқа ингредиенттермен және процестермен үйлесімділігін бағалау кезінде маңызды. Бөгде механикалық қоспалар мен бос минералды қышқылдардың болмауы өнімнің тазалығын және оның сапа мен қауіпсіздік стандарттарына сәйкестігін растайды. Мальтодекстриндердің сыртқы түрін талдай отырып, олардың ақ түсті ұсақ ұнтақ екенін атап өтуге болады (сурет 2).

Кесте 1 – Жүгері крахмалынан алынған мальтодекстриндердің физика-химиялық сипаттамалары

Көрсеткіштің атауы	Мальтодекстрин
	Жүгері крахмалы
Ылғалдың массалық үлесі, %	2,3
Жалпы күлдің массалық үлесі, %	0,25
Декстроза баламасы, %	17
Сутегі көрсеткіші (pH), бірлік	5,2
Бөгде механикалық қоспалардың құрамы	табылған жоқ
Бос минералды қышқылдардың құрамы	табылған жоқ



Мальтодекстрин ДЭ =17,6%



Мальтодекстрин ДЭ=20,4%



Мальтодекстрин ДЭ = 28,9%



Мальтодекстрин ДЭ = 38,5%

Сурет 2 – Мальтодекстриннің әр түрлі декстринді эквиваленті

Гидролиз жылдамдығы Термамил 80°C температурада 120 минут бойы әр 30 минут сайын бақыланды (кесте 2).

Гидролиз уақытының ұлғаюымен de% артады. Бұл термамил ферменті крахмалға неғұрлым ұзақ әсер етсе, соғұрлым крахмал қарапайым қанттарға ыдырайды дегенді білдіреді. Крахмал концентрациясының жоғарылауымен de% төмендейді. Бұл крахмалдың жоғары концентрациясында ферменттің ыдырауы үшін ұзағырақ уақыт қажет екенін білдіреді. DE % ферментінің дозасы жоғарылаған сайын артады. Бұл ерітіндіге Термамил ферменті неғұрлым көп қосылса, крахмал гидролизі соғұрлым тез жүреді дегенді білдіреді.

Кесте 2 – Термамил ферментінің уақыты мен дозасының жүгері крахмалының гидролизіне әсері

Сұйылту процесіне әсер ететін факторлар		Сұйылту және қанттану процесінің ұзақтығы				
Құрғақ заттар, %	Термамул дозасы, мл	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин
		Жүгері ұны сүзгісінің декстроза эквиваленті, %				
25	0,3	0	6,9	8,9	13,2	16,0
25	0,4	0	8,4	10,9	15,5	18,5
25	0,5	0	9,6	12,3	17,9	21,0
25	0,6	0	11	14,0	19,9	23,4
27	0,3	0	5,5	8,3	12,9	15,8
27	0,4	0	6,9	10,2	15,1	18,6
27	0,5	0	8,5	12,0	17,4	20,8
27	0,6	0	9,9	13,2	19,0	22,9
30	0,3	0	6,2	8,1	11,2	17,2
30	0,4	0	7,3	9,9	14,8	18,7
30	0,5	0	8,6	11,8	17,0	19,6
30	0,6	0	9,9	13,4	19,0	22,6

Декстроз эквивалентін Лейна-Эйнона әдісімен анықтау:

$$X = (T \cdot 100 \cdot A) / V$$

X – зерттелетін сұйықтықтың 100 мл граммындағы (x) қант құрамы

T – қант мөлшері

A – зерттелетін сұйылту зерттелетін өнімнің сұйықтықтары немесе ілмектері

V – зерттелетін ерітіндінің мөлшері

$$X = \frac{(0,0988 \cdot 100 \cdot 25)}{13} = 19\%$$

Декстроз эквивалентінің сұйылту процесіне әсер ететін факторларға тәуелділігін талдау мынаны көрсетті. Кесте 2 деректерді талдаудан Термамул дозасының және процесінің ұзақтығының артуы мальтодекстриннің декстрозный эквивалентінің (ДЭ) мәндерінің өсуін байқауға болады. Алайда, ұн суспензиясының концентрациясы жоғарылағанда, тұтқырлықтың жоғарылауына және крахмал мен фермент молекулалары арасындағы байланыстың төмендеуіне байланысты ДЭ төмендеуі байқалады.

Ферменттің дозасын 0,3-тен 0,6 бірлікке дейін ұлғайту ДЭ-нің жоғарылауына, ал құрғақ заттарды 25-тен 30%-ға дейін жоғарылауы ДЭ-нің төмендеуіне әкеледі. Сұйылту процесінің ұзақтығының артуымен ДЭ мәндері алдымен қарқынды, содан кейін баяу артады.

Осы мәліметтерден алынған қорытынды: жүгері ұнының қанттану процесінің оңтайлы параметрлері: ұн суспензиясының концентрациясы 27%, ферменттік препараттың дозасы 0,5-0,6 мл және процесінің ұзақтығы 60-120 минут.

### Қорытынды

Қорытындылай келе, төмен декстроза эквиваленті (DE) мальтодекстриндерді алу белгілі бір функционалдық қасиеттері мен сипаттамалары бар өнімдерді өндіруді қамтамасыз ететін маңызды процесс болып табылады. Крахмалдың ферменттік гидролизі мальтодекстрин өндірісінің технологиялық процесінің міндетті кезеңі болып табылады. Ферменттік гидролиз үшін жүгері крахмалынан мальтодекстрин алу технологиясын жақсарту мақсатында альфа амилазалы Термамил ферменттік препараттары қарастырылып, зерттелді. Барлық алынған мальтодекстрин үлгілерінің бүркумен кептіруден кейінгі көрінісі ақ түсті ақ ұнтақ, бөгде иіссіз, ыстық және суық суда оңай еритін. Мальтодекстриндердің үлгілері, жүгері крахмалының ферментативті гидролизі арқылы алынған, тәтті дәмге ие болды. Алынған үлгілердің барлық органолептикалық көрсеткіштері белгіленген стандартқа (МЕМСТ 34274-2017) сәйкес болды.

Алынған мальтодекстриндердің декстроза баламасы 19% болды. Осыған байланысты бұл үлгілерді бұл диеталық, балалар тағамына және емдік-профилактикалық тамақтануға арналған өнімдер ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Hull P. Glucose syrups: technology and applications / P. Hull. – London: Blackwell, 2010. – 392 с.
2. Maltodextrins from chemically modified starches. Selected physicochemical properties / K. Pycia et al // Carbohydrate Polymers. – 2015. – № 146. – P. 301-309.
3. Geovana Rocha Plácido Moore Cassava and corn starch in maltodextrin production / Geovana Rocha Plácido Moore et al // Quim. Nova. 2005. – Vol. 28, № 4. – P. 596-600, 2005.
4. Применение метода Лэйна-Эйна в анализе редуцирующих сахаров экстракта физалиса // Т.Ю. Гумеров и др. // Вестник технологического университета. – 2017. – № 2. – 20 с.
5. Мальтодекстрин – пищевая добавка при производстве пищевых порошков [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 21.07.2014.
6. Зобкова З.С. Пищевые добавки и функциональные ингредиенты / З.С. Зобкова // Молочная промышленность. – 2007. – № 10. – С. 6-10.
7. Пат. 2515907 Российская Федерация, МПК А23С 9/18(2006.01). Способ производства молокосодержащего продукта / Голубева Л.В., Губанова А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ВГУИТ». – № 2013100432/10; заявл. 10.01.13; опубл. 20.05.14, Бюл. № 14. – 7 с.
8. Pycia K. Maltodextrins produced from chemically modified starches as agents affecting stability and rheological properties of albumin foam / K. Pycia, D. Gałkowska, L. Juszcak // LWT, Food Science and Technology. – 2017. – № 80. – P. 394-400.
9. Carocho M. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come / M. Carocho, P. Morales, I.C.F.R. Ferreira // Food and Chemical Toxicology. – 2017. – № 107(Pt A). – P. 302-317.

10. Resistant maltodextrin as a shell material for encapsulation of naringin: Production and physicochemical characterization // D.A. Pai et al // Journal of Food Engineering. 2015. – № 161(6). P. 68-74.

### References

1. Hull P. Glucose syrups: technology and applications / P. Hull. – London: Blackwell, 2010. – 392 s. (In English).
2. Maltodextrins from chemically modified starches. Selected physicochemical properties / K. Pycia et al // Carbohydrate Polymers. – 2015. – № 146. – R. 301-309. (In English).
3. Geovana Rocha Plácido Moore Cassava and corn starch in maltodextrin production / Geovana Rocha Plácido Moore et al // Quim. Nova. 2005. – Vol. 28, № 4. – R. 596-600, 2005. (In English).
4. Primenenie metoda Lehina-Ehinona v analize redutsiruyushchikh sakharov ehkstrakta fizalisa // T.YU. Gumerov i dr. // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – № 2. – 20 s. (In Russian).
5. Mal'todekstrin – pishchevaya dobavka pri proizvodstve pishchevykh poroshkov [Elektronnyi resurs]. – Data dostupa: 21.07.2014. (In Russian).
6. Zobkova 3.S. Pishchevye dobavki i funktsional'nye ingredienty / Z.S. Zobkova // Molochnaya promyshlennost'. – 2007. – № 10. – S. 6-10. (In Russian).
7. Pat. 2515907 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23C 9/18(2006.01). Sposob proizvodstva molokosoderzhashchego produkta / Golubeva L.V., Gubanova A.A.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «VGUIT». – № 2013100432/10; zayavl. 10.01.13; opubl. 20.05.14, Byul. № 14. – 7 s. (In Russian).
8. Pycia K. Maltodextrins produced from chemically modified starches as agents affecting stability and rheological properties of albumin foam / K. Pycia, D. Gałkowska, L. Juszcak // LWT, Food Science and Technology. – 2017. – № 80. – R. 394-400. (In English).
9. Carocho M. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come / M. Carocho, P. Morales, I.C.F.R. Ferreira // Food and Chemical Toxicology. – 2017. – № 107(Pt A). – R. 302-317. (In English).
10. Resistant maltodextrin as a shell material for encapsulation of naringin: Production and physicochemical characterization // D.A. Pai et al // Journal of Food Engineering. 2015. – № 161(6). R. 68-74. (In English).

**А.Г. Толегенова\*, Б.К. Тарабаев**

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Женис, 62

\*e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru

### **ПОЛУЧЕНИЕ МАЛЬТОДЕКСТРИНА С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕКСТРОЗЫ (DE) ИЗ КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА**

*Исследование направлено на разработку методов получения мальтодекстринов с низким содержанием декстрозы (DE) кукурузного крахмала, которые важны для различных отраслей промышленности, включая пищевые и фармацевтические препараты. Уровни DE различны мальтодекстрины играют решающую роль во многих продуктах, от сладостей до лекарств, и их свойства различаются в зависимости от производственного процесса. В исследовании изучались различные подходы и технологии производства мальтодекстринов для определения оптимальных условий, включая время, температуру и использование различных ферментов. Понимание этих параметров позволяет не только повысить эффективность производства, но и получить продукцию с необходимыми свойствами. Важной частью исследования является анализ физико-химических свойств полученных мальтодекстринов, таких как молекулярная структура, сорбционная способность и их функциональные характеристики, такие как способность к гелеобразованию или вязкости. Это позволяет лучше понять и оптимизировать использование этих продуктов в различных отраслях промышленности. Исследования могут заложить основу для разработки производственных процессов мальтодекстринов с низким декстрозальным эквивалентом, полученных из кукурузного крахмала.*

**Ключевые слова:** кукурузный крахмал, мальтодекстрин, эквивалент декстрозы, желатинизация крахмала, фермент, кислая среда.



**A.G. Tulegenova\*, B.K. Tarabayev**  
Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin,  
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, 62 al-Zhenis Avenue  
\*e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru

## **OBTAINING MALTODEXTRIN WITH A LOW DEXTROSE EQUIVALENT (DE) FROM CORNSTARCH**

*The study aims to develop methods for the production of low dextrose (DE) maltodextrins of corn starch, which is important for various industries, including food and pharmaceuticals. Maltodextrins with varying levels of DE play a crucial role in many products, from sweets to medicines, and their properties vary depending on the production process. The study examined different approaches and technologies for the production of maltodextrins to determine optimal conditions, including timing, temperature, and the use of different enzymes. Understanding these parameters allows not only to increase production efficiency, but also to obtain products with the necessary properties. An important part of the study is the analysis of the physico-chemical properties of the obtained maltodextrins, for example, molecular structure, sorption capacity and their functional characteristics, such as gelling or viscosity ability. This makes it possible to better understand and optimize the application of these products in different areas of industry. Research work can serve as a basis for the development of production processes of low-dextrose equivalent maltodextrins derived from corn starch.*

**Key words:** corn starch, maltodextrin, dextrose equivalent, starch gelatinization, enzyme, acidic environment.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Балташ Каримович Тарабаев** – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы. Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: tarabaev50@mail.ru

**Алтынай Ғалымжанқызы Төлегенова** – магистрат, Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru

### **Сведения об авторах**

**Балташ Каримович Тарабаев** – кандидат технических наук, старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет; e-mail: tarabaev50@mail.ru.

**Алтынай Галымжановна Тулегенова** – магистрат, Казахский агротехнический исследовательский университет; e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru.

### **Information about the authors**

**Baltash Karimovich Tarabaev** – Candidate of Technical Sciences, senior lecturer, Kazakh Agrotechnical Research University; e-mail: tarabaev50@mail.ru.

**Altynai Galymzhanovna Tulegenova** – magistrate, Kazakh Agrotechnical Research University; e-mail: tolegenova.altinay@inbox.ru.

*Редакцияға енуі 04.04.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 14.05.2024*

*Жариялауға қабылданды 03.06.2024*

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-37

FTAXP: 65.63.33



**Е.Д. Үдербай, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева\*, Ж.С. Набиева, Ә.У. Байбекова**

Алматы технологиялық университеті

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100

\*e-mail: elmiraasembayeva@mail.ru

## **ӨСІМДІК ТЕКТІ ИНГРЕДИЕНТТЕРДІҢ АШЫҒАН СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫНА ӘСЕРІ**

*Андатпа. Мақалада функционалдық және профилактикалық мақсаттағы ашыған сүт өнімдерін жасау үшін өсімдік тектес ингредиенттерді пайдалану қажеттілігі негіздемесі келтірілген, оларды жүйелі түрде қолдану ағзаға қажетті алмастырылмайтын заттардың жетіспеушілік жағдайларын жоюға және қоршаған ортаның қолайсыз факторларына ағзаның төзімділігін арттыруға көмектеседі. Бұл жұмыстың мақсаты өсімдік текті ингредиенттердің ашыған сүт өнімдерінің сапасына әсерін зерттеу болып табылады. Дәрумендер мен минералды*

заттарға бай күнжіт және асқабақ ұндары қосылып дайындалған йогурт үлгілерінің биохимиялық құрамына, сонымен қатар құрамындағы суда еритін дәрумендер мен минералды заттарға талдаулар жүргізілді.

Талдау нәтижелерінен йогуртқа өсімдік текті ингредиенттерді қосу дәрумендердің көбею динамикасына оң әсер етті, сондықтан В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С, РР, В<sub>6</sub> дәрумендерінің мөлшері бақылаумен салыстырғанда өсті. Йогуртқа өсімдік текті ингредиенттерді қосу қоспасызбен салыстырғанда минералды заттардың мөлшерінің жоғарылауына әкелді: кальций – 0,46-1,49%, магний – 5,92-3,38%, фосфор – 12,33-7,57%, калий – 8,09-3,97%, темір – 0,15-0,14%, натрий – 0,06-0,39%, мырыш – 0,02-0,07%.

**Түйін сөздер:** йогурт, өсімдік текті ингредиенттер, күнжіт ұны, асқабақ ұны, дәрумендер, минералды заттар.

### **Кіріспе.**

Ағзаның қоршаған ортаның қолайсыз факторларына төзімділігін арттыру және жетіспеушілік жағдайларын жою жолдарының бірі емдік әсерінің кең спектрі бар биологиялық белсенді қоспалар кешенімен байытылған тамақ өнімдерін жүйелі түрде тұтыну болып табылады. Функционалды өнімдерді алу үшін биологиялық белсенділігі жоғары шикізаттың әртүрлі түрлері пайдаланылады, әртүрлі байытқыштарды қосу арқылы өнімдердің калориясын төмендетеді. Жаңа технологияларды дамыту және отандық өсімдік шикізаты негізінде азық-түлік өнімдерін өндіру тамақ және оны өңдеу өнеркәсібі технологтарының басым бағыты болып табылады. Ашыған сүт өнімдеріне табиғи тағамдық ингредиенттерді, әсіресе өсімдік текті ингредиенттерді қосу оны дәрумендермен және минералды заттармен байытуға көмектеседі, функционалдық және профилактикалық қасиеттерін арттырады [1,2].

Бүгінгі таңда адамның тамақтануы мен денсаулығына қатысты жиі кездесетін мәселелердің бірі – дәрумендер мен минералдардың жетіспеушілігі. Негізінен тағам рационында С, Е дәрумені, каротин, фолий қышқылы, минералды заттар (йод, темір, кальций, т.б.) жетіспейді. Бұл жағдайдың себептері адамдардың өмір сүру салтының өзгеруі, экологиялық мәселелер, тамақ өнеркәсібінде тамақ өнімдерін өндіру кезінде құнды биологиялық белсенді заттардың жоғалуына әкелетін бірқатар технологиялық процестердің енгізілуі болып табылады [3].

Йогурт – құрамында ақуыз, кальций, калий, А, С, В тобы дәрумендері, сондай-ақ ішектің жұмысына оң әсер ететін лактобактериялар бар тағамдық және емдік құндылығы жоғары әлемде тұтынылатын ең танымал ашыған сүт өнімдерінің бірі. Йогурттың ашыған сүт өнімі ретіндегі жаппай сұранысы мен функционалдық қасиеттерін ескере отырып, оны физиологиялық белсенділікті көрсететін қоректік заттармен, атап айтқанда С, Р, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, А, Е, К дәрумендерімен, минералды заттармен, ω-3 май қышқылдарымен, флавоноидтармен, таниндермен байытқан жөн. Байытылған йогурт қан тамырлары мен жүрек бұлшықетінің қабырғаларына күшейтетін әсер береді, жасуша мембраналарын тотығудан қорғайды, холестеринді ағзадан шығаруға көмектеседі және атеросклероздың дамуына жол бермейді, ас қорыту процесін ынталандырады [4-6].

Өсімдік тектес ингредиенттері бар жаңа өнімді әзірлеу өзекті болып табылады, өйткені функционалдық бағыттағы пайдалы тағамдарды тұтынуға қызығушылық артып келеді [7].

Асқабақ дәнінің ұны кез-келген тағаммен және дәрі-дәрмекпен үйлеседі, оны сүт өнімдерін байыту үшін өсімдік қоспасы ретінде қосуға болады. Оны ақыл-ой еңбегімен айналысатын адамдарға пайдалану ұсынылады, өйткені асқабақ дәні есте сақтауды жақсартады, жұмысқа қабілеттілікті арттырады және ағзадағы күйзеліс деңгейін төмендетеді. Бұл функционалды азық-түлік өнімі өркениет аурулары деп аталатын қант диабеті, атеросклероз, семіздік, бауыр және қуық асты безі ауруларымен күресуде тиімді.

Қазіргі уақытта асқабақтың дәнін өңдеу арқылы алынатын асқабақ ұны ерекше танымал және сұранысқа ие. Бұл ұн В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>9</sub>, С, РР дәрумендеріне, фосфолипидтерге, токоферолдарға, каротиноидтарға, флавоноидтарға, қаныққан және қанықпаған май қышқылдарына, минералдарға (кальций, фосфор, калий, темір, мырыш) бай. Асқабақ ұны құрамында ауыстырылмайтын аминқышқылдары (лизин, аргинин, изолейцин, фенилаланин) бар және адам ағзасына жақсы сіңетін өсімдік ақуызының едәуір мөлшері кездеседі. Асқабақ ұнының көмірсулық құрамы негізінен моно- және дисахаридтерден, сонымен қатар тағамдық

талшықтардан тұрады. Асқабақтың көмірсулы құрамдас бөліктері ашытқымен оңай ашытылады және ұн өнімдерінің дәмі мен хош иісінің қалыптасуына әсер етеді [8-12].

Күнжіт ұны – майын жаншып алғаннан кейін қалған күнжітті кептіру және ұнтақтау арқылы алынатын табиғи өнім. Ұн күнжіт дәнінің барлық дәмдік және тағамдық қасиеттерін, сондай-ақ 12% майға дейін сақтайды. Күнжіт ұны теңдестірілген ақуызға, минералдар мен дәрумендердің кең ауқымына ие. Күнжіт ұнының химиялық құрамын зерттегенде оның құрамында 40%-ға дейін ақуыздар, оның ішінде алмастырылатын және алмастырылмайтын амин қышқылдары, соның ішінде гемоглобин синтезіне жауап беретін гистидин амин қышқылы бар екені анықталды. Ұндағы пектиндер мен ірі талшықтар ішек микрофлорасын қалыпқа келтіреді, ішек пен асқазанның жиырылуын белсендіреді. Ұнның құрамында полиқаньқапаған май қышқылдарының болуы (линол, олеин,  $\alpha$  – линолен және т.б.) оны таптырмас шикізат компонентіне айналдырады.

Күнжіт ұнының құрамында күнделікті тұтыну мөлшерін қанағаттандыруға мүмкіндік беретін мөлшерде В тобы дәрумендері және Е дәрумені бар. Ұнның макро- және микроэлементтерінің едәуір мөлшері кальций, мырыш, фосфор, магний және селен болып табылады [13].

**Зерттеу жұмысының мақсаты:** өсімдік текті ингредиенттердің ашыған сүт өнімдерінің сапасына әсерін зерттеу. Қосылатын өсімдік ингредиенттері ретінде асқабақ және күнжіт ұндары алынды.

#### **Зерттеу нысаны мен әдістері.**

Зерттеу нысаны ретінде йогурт үлгілері, күнжіт ұны, асқабақ ұны, ұйытқы алынды. Йогурт үлгілерін дайындау үшін ұйытқы ретінде Украинада «VIVO» компаниясында өндірілген классикалық йогурт ұйытқысы пайдаланылды. Өсімдік ингредиенті ретінде алынған асқабақ ұны мен күнжіт ұны «Елео» сауда белгісімен Ресейде өндірілген.

Зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін мемлекеттік стандартта бекітілген әдістер қолданылды:

– ақуыздың массалық үлесін анықтау – МЕМСТ 25179-90 бойынша Кьельдаль әдісімен және рефрактометрмен;

– йогурттағы майдың массалық үлесі – МЕМСТ 5867–90 Гербер әдісі бойынша қышқылдық әдіспен;

– лактозаның массалық үлесі – йодометриялық әдіс бойынша;

– тағамдық талшықтың массалық үлесі – МЕМСТ 34844–2022 ферменттік-гравиметриялық әдіспен анықталды.

Йогурт үлгілеріндегі суда еритін дәрумендер В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>6</sub>, С мөлшері М-04-41-2005 әдістемесі бойынша «Капель-105М» құрылғысында анықталды.

Йогурт үлгілеріндегі минералды заттар құрамын, соның ішінде кальций, калий, натрий, магний, мырыш, темір, фосфор мөлшерін атомды-адсорбционды спектрометриялық әдіспен анықталды.

Зерттеу жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық биотехнология» кафедрасының және «Тамақ қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу институтының зертханаларында жүргізілді. Тәжірибелік зерттеулер 3-5 рет қайталана отырып орындалып, орташа арифметикалық мәндері алынды. Нәтижелердің Стьюдент t-критерийін қолдану көмегімен өңделді және сенімділік айырмашылықтары  $p \leq 0,05$  жағдайында тұрақты деп есептелді.

#### **Зерттеу нәтижелері және оны талдау.**

Зертхана жағдайында йогурт әзірлеудің технологиялық схемасы жасалды: шикізатты қабылдау және дайындау;  $87 \pm 2^\circ\text{C}$  температурада 10-15 минут пастерлеу; ашыту температурасы  $40-42^\circ\text{C}$  дейін салқындату; ұйытқы және рецептке сәйкес өсімдік ингредиенттерін қосу (1% күнжіт немесе 1% асқабақ ұны); қоспаны араластыру; қышқылдығы  $75-80^\circ\text{T}$  тығыз ұйынды алынғанша 6-8 сағат  $40-42^\circ\text{C}$  температурада ашыту; тұтыну ыдыстарына құю; жетілдіру; суыту және  $4 \pm 2,0^\circ\text{C}$  сақтау.

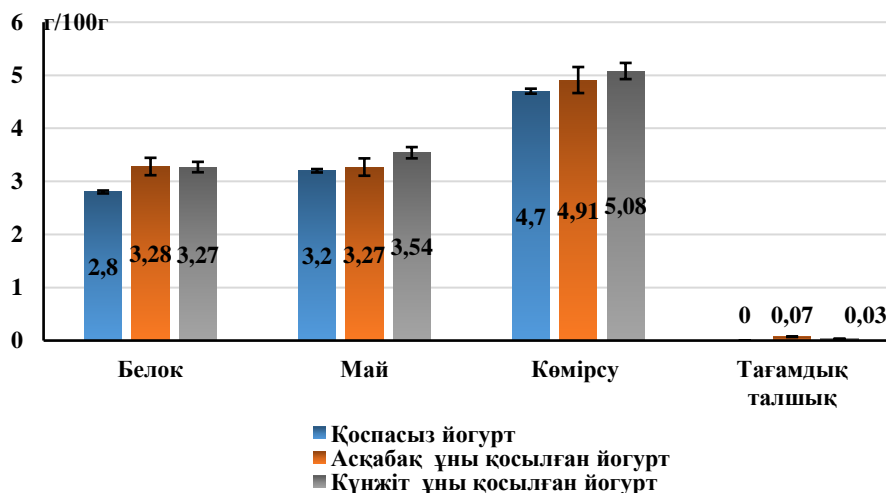
Йогурт үлгілерінің рецептурасы органолептикалық сипаттамаларын ескере отырып әзірленді.

Ашыған сүт өнімдерін, соның ішінде йогурт өнімдерін өндіруде өсімдік ингредиенттерін пайдалану өзекті болып табылады, өйткені олар ақуыздың, суда және майда еритін дәрумендердің, майлардың, минералдардың және тағамдық талшықтардың көзі болып

табылады. Өсімдік текті функционалды ингредиенттер қосылған ашыған сүт өнімдері емдік және профилактикалық әсері бар өнімдер болып табылады. Сондықтан сүт өнімдерін, оның ішінде мамандандырылған мақсаттағы ашыған сүт өнімдерін өндірудің ғылыми-технологиялық негіздерін жасау өзекті.

Тағамдық құндылық негізгі компоненттердің құрамымен анықталады: ақуыздар, майлар, көмірсулар және күл.

Йогурт үлгілерінің тағамдық құндылығын бағалау мақсатында биохимиялық құрамына талдаулар жүргізілді, нәтижелері төмендегі 1-суретте келтірілген.



Сурет 1 – Йогурт үлгілерінің биохимиялық құрамы

Өсімдік ингредиенттерімен байытылған және қоспасыз йогурт үлгілерінің биохимиялық құрамын салыстырмалы талдау нәтижелері йогурт үлгілерінің жоғары тағамдық құндылыққа, көмірсулар мен ақуыздардың жоғары құрамына, сондай-ақ әзірленетін өнімге пребиотикалық қасиеттер беретін тағамдық талшықтарға ие екенін көрсетті.

Тағамдық талшықтың болуы адамның тамақтануында міндетті болып табылады. Заманауи адамның күнделікті рационында тағамдық талшықтың тұрақты болмауы, рафинадталған тағамдарды жеу ағзаның қоршаған ортаның жағымсыз әсеріне төзімділігінің төмендеуіне және қант диабеті, атеросклероз, ішек аурулары, семіздік, жүректің ишемиялық ауруы, әртүрлі қатерлі ісіктер және т.б. аурулардың көбеюіне әкелді [14]. Мал өнімдерінде тағамдық талшық жоқ екені белгілі, сондықтан ашыған сүт өнімдеріне өсімдік толықтырғыштарын қосу оның тағамдық талшықпен сәйкесінше 0,03-0,07% байытылуына әкеледі.

Белгілі бір өнім түрінің адам ағзасы үшін құндылығы осы өнімде адам ағзасында синтезделмейтін компоненттердің болуымен анықталады. Сондықтан өнімдердің биологиялық құндылығын арттыру үшін өндірушілер олардың құрамына өсімдік компоненттерін қосады.

Бұл жұмыста өсімдік ингредиенттерімен байытылған йогурт үлгілерінің құрамындағы минералдар мен суда еритін дәрумендердің құрамына бақылаумен (қоспасыз йогурт) салыстырғанда талдаулар жүргізілді. Алынған нәтижелер 1-кестеде берілген.

Талдау нәтижелерінен йогуртқа өсімдік текті ингредиенттерді қосу дәрумендердің көбею динамикасына оң әсер етті, сондықтан В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С, РР, В<sub>6</sub> дәрумендерінің мөлшері бақылаумен салыстырғанда өсті.

Суда еритін дәрумендердің биологиялық рөлі олардың электрондардың, атомдардың немесе атомдар тобының тасымалдаушысы қызметін атқаратын катализаторлар болып табылатын әртүрлі коферменттердің құрылысына қатысуымен анықталады [15].

Кесте 1 – Өсімдік ингредиенттерімен байытылған және қоспасыз йогурт үлгілеріндегі дәрумендер мен минералдардың құрамы

Көрсеткіштер	Ашыған сүт өнімдері		
	Қоспасыз йогурт	Асқабақ ұны қосылған йогурт	Күнжіт ұны қосылған йогурт
Дәрумендер, 100 г йогуртта мг%			
Тиамин (B <sub>1</sub> )	0,04±0,01	0,06±0,02	0,09±0,03
Рибофлавин (B <sub>2</sub> )	0,21±0,03	0,23±0,01	0,27±0,02
Аскорбин қышқылы (C)	0,69±0,03	0,79±0,04	0,86±0,05
Никотин қышқылы (PP)	1,27±0,05	1,69±0,08	1,55±0,02
Пиридоксин (B <sub>6</sub> )	0,05±0,01	0,06±0,04	0,06±0,03
Минералды заттар, 100 г йогуртта мг%			
Калий (K)	152,8±6,9	160,89±2,70	156,77±4,14
Кальций (Ca)	124,6±5,2	125,06±3,27	126,09±4,22
Магний (Mg)	15,4±0,69	21,32±0,12	18,78±0,86
Фосфор (P)	93,8±3,21	106,13±1,30	101,37±4,06
Натрий (Na)	52,7±2,27	52,76±2,6	53,09±1,72
Темір (Fe)	0,12±0,01	0,27±0,05	0,26±0,02
Мырыш (Zn)	0,40±0,01	0,47±0,05	0,42±0,03

Алынған талдау нәтижелері йогуртқа өсімдік текті ингредиенттерді қосу қоспасызбен салыстырғанда кальцийдің, магнийдің және фосфордың мөлшері 0,46-1,49%-ға, 5,92-3,38%-ға және 12,33-7,57%-ға артуына әкелетінін көрсетеді. Кальций мен фосфор сүйек тінінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, сондықтан сүйек тінінің дұрыс қалыптасуы үшін өте маңызды. Кальций жүйке жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі үшін де қажет, сонымен қатар ол бірқатар ферменттердің активаторы ретінде қызмет етеді. Магний ағзаның бұлшықет жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет. Магний тұздары органикалық фосфор қосылыстарының өзгеруіне қатысатын ферменттерді белсендіреді [16].

Сонымен қатар, ашыған сүт өнімдерінің асқабақ және күнжіт ұнымен байытылуы калий мен темірдің сәйкесінше 8,09-3,97% және 0,15-0,14% жоғарылауына ықпал етеді. Калий қан жүйесінің қышқыл-негіз балансында маңызды рөл атқарады және тіндердің коллоидтық күйін реттейді. Калийдің ең маңызды функциясы оның ағзадан сұйықтық пен натрий тұздарының шығарылуын жоғарылату қабілетінде жатыр. Темірдің гемоглобиннің түзілуі үшін маңызы зор, ол эритроциттердің құрамында болады және ағзаның жасушалары мен тіндеріне оттегін жеткізеді.

Натрий осмостық қысымды, зат алмасуды реттеуге және сілтілі-қышқылдық тепе-теңдікті сақтауға қатысады. Бұл жүйке-бұлшықет жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі және ферменттерді белсендіру үшін қажет. Натрий калий, магний, кальциймен бірге жүрек және қаңқа бұлшықеттерінің қызметін реттеуде маңызды рөл атқарады [15-17]. Натрийдің мөлшері қоспасыз йогуртпен салыстырғанда асқабақ және күнжіт ұнын қосқанда 0,06-0,39% жоғарылайды.

Мырыш көптеген ферменттердің бөлігі болып табылады және жасушалардың өсуі мен дифференциациясының кезеңдерін, әсіресе белсенді жаңару процесімен сипатталатын тіндерді (иммундық жүйе және асқазан-ішек жолдары) реттеуге белсенді қатысады [18]. Мырыштың мөлшері қоспасыз йогуртпен салыстырғанда асқабақ және күнжіт ұнын қосқанда 0,02-0,07%-ға артты.

Алынған нәтижелерден күнжіт және асқабақ дәнінің ұндарын йогуртқа қосқанда олардың құрамындағы минералды заттардың және дәрумендердің мөлшері жоғарылайтынын, яғни өсімдік ингредиенттері ашыған сүт өнімдерінде минералды заттар мен дәрумендердің мөлшерінің жоғарылауына әкелетінін көруге болады.

### Қорытынды

Қоспасыз йогуртқа асқабақ және күнжіт дәндерінің ұнын қосу теңдестірілген химиялық құрамы бар өнім алуға және йогуртты ақуыздың көзімен, дәрумендермен, минералдармен, тағамдық талшық және басқа да биологиялық белсенді заттармен байытуға мүмкіндік береді.

Қорыта келгенде, табиғи өсімдік текті ингредиенттерді ашыған сүт өнімдерінің құрамдас бөліктері ретінде пайдалану макро- және микроэлементтер мен дәрумендердің құрамын арттыруға көмектесетіні анықталды.

### Әдебиеттер

1. Анистратова О.В. Исследование показателей качества и безопасности йогурта, обогащенного растительными компонентами / О.В. Анистратова, В.В. Соклаков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 2. – С. 62-66. DOI: 10.46548/21vek-2020-0950-0012.
2. Евдокимов Н.С. Растительные ингредиенты-фактор повышения физиологической ценности молочных продуктов / Н.С. Евдокимов // Мировая экономика и социум: современные тенденции и перспективы развития. – 2016. – С. 101-104.
3. Дорофеева К.А. Увеличение пищевой ценности продуктов питания путем внесения растительных ингредиентов / К.А. Дорофеева, А.С. Петрова // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4-3. – С. 337-339. DOI: <https://s.eduherald.ru/pdf/2017/4-3/17536>.
4. Chemical, nutritional, rheological, and organoleptical characterizations of stirred pumpkin-yoghurt / H. Barakat et al // Food and Nutrition Sciences. – 2017. – Т. 8, № 7. – С. 746.
5. Разработка рецептуры и изучение потребительских свойств йогурта с использованием нетрадиционного растительного сырья / Е.Ю. Злобина и др. // Пищевая промышленность. – 2018. – № 9. – С. 61-63.
6. Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality / A. Dabija et al // Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2018. – Т. 19, № 2. – С. 181-192.
7. Новый кисломолочный продукт с вкусовыми компонентами растительного происхождения / Л.В. Голубева и др. // Пищевая промышленность. – 2016. – № 12. – С. 18-20.
8. Dhiman A. K. Functional constituents and processing of pumpkin: A review / A.K. Dhiman, K.D. Sharma, S. Attri // Journal of Food Science and Technology. – 2009. – Т. 46, № 5. – С. 411.
9. Рущиц А.А. Использование тыквенной муки в производстве бисквитного полуфабриката / А.А. Рущиц // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 23-29. DOI: 10.14529/food150404.
10. Kundu H. et al. Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour // Journal of food science and technology. – 2014. – Т. 51. – С. 2600-2607. doi:10.1007/s13197-012-0777-x.
11. Гаглоев А.Ч., Негреева А.Н., Гаглоева Т.Н., Завьялова В.Г. Разработка рецептуры йогурта для функционального питания // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – №3.
12. Зинина О. В., Роговская В. Ю., Брызгалова А. Д. Оптимизация состава молочно-растительных творожных батончиков для детей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2020. – Т. 8. – №3. – С. 47-55. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200306>.
13. Кузьмина С.С. Использование кунжутной муки в технологии булочных изделий / С.С. Кузьмина // Ползуновский вестник. – 2019. – № 4. – С. 12-16. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.003>.
14. Современные направления использования пищевых волокон в качестве функциональных ингредиентов / М.П. Могильный и др. // Новые технологии. – 2013. – № 1. – С. 27-31.
15. Сеитов З. Биохимия: учебное пособие для вузов / З. Сеитов. – Алматы: Акбар, 2011. – 795 с.
16. Роль основных минеральных веществ в питании детей / Л.М. Панасенко и др. // Российский Вестник перинатологии и педиатрии. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 122-127. DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127>.
17. Терехова А.А. Анализ состояния организации питания курсантов кадетского корпуса / А.А. Терехова // Парадигма. – 2019. – № 3. – С. 84-91.
18. Gunnarsdottir I. Iodine intake in human nutrition: a systematic literature review / I. Gunnarsdottir, L. Dahl // Food & nutrition research. – 2012. – Т. 56, № 1. – С. 19731. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v56i0.19731>.

## References

1. Anistratova O.V. Issledovanie pokazatelei kachestva i bezopasnosti iogurta, obogashchennogo rastitel'nymi komponentami / O.V. Anistratova, V.V. Soklakov // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. – 2020. – T. 9, № 2. – S. 62-66. DOI: 10.46548/21vek-2020-0950-0012. (In Russian).
2. Evdokimov N.S. Rastitel'nye ingredienty-faktor povysheniya fiziologicheskoi tsennosti molochnykh produktov / N.S. Evdokimov // Mirovaya ehkonomika i sotsium: sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya. – 2016. – S. 101-104. (In Russian).
3. Dorofeeva K.A. Uvelichenie pishchevoi tsennosti produktov pitaniya putem vneseniya rastitel'nykh ingredientov / K.A. Dorofeeva, A.S. Petrova // Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik. – 2017. – № 4-3. – S. 337-339. DOI: <https://s.eduherald.ru/pdf/2017/4-3/17536>. (In Russian).
4. Chemical, nutritional, rheological, and organoleptical characterizations of stirred pumpkin-yoghurt / H. Barakat et al // Food and Nutrition Sciences. – 2017. – T. 8, № 7. – S. 746. (In English).
5. Razrabotka retseptury i izuchenie potrebitel'skikh svoistv iogurta s ispol'zovaniem netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya / E.YU. Zlobina i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. – 2018. – № 9. – S. 61-63. (In Russian).
6. Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality / A. Dabija et al // Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2018. – T. 19, № 2. – S. 181-192. (In English).
7. Novyi kislomolochnyi produkt s vkusovymi komponentami rastitel'nogo proiskhozhdeniya / L.V. Golubeva i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. – 2016. – № 12. – S. 18-20. (In English).
8. Dhiman A. K. Functional constituents and processing of pumpkin: A review / A.K. Dhiman, K.D. Sharma, S. Attri // Journal of Food Science and Technology. – 2009. – T. 46, № 5. – S. 411. (In English).
9. Rushchits A.A. Ispol'zovanie tykvennoi muki v proizvodstve biskvitnogo polufabrikata / A.A. Rushchits // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. – 2015. – T. 3, № 4. – S. 23-29. DOI: 10.14529/food150404. (In Russian).
10. Kundu H. et al. Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour // Journal of food science and technology. – 2014. – T. 51. – S. 2600-2607. doi:10.1007/s13197-012-0777-x. (In English).
11. Gagloev A.CH., Negreeva A.N., Gagloeva T.N., Zav'yalova V.G. Razrabotka retseptury iogurta dlya funktsional'nogo pitaniya // Nauka i Obrazovanie. – 2019. – T. 2. – № 3. (In Russian).
12. Zinina O. V., Rogotovskaya V. YU., Bryzgalova A. D. Optimizatsiya sostava molochno-rastitel'nykh tvorozhnykh batonchikov dlya detei // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. – 2020. – T. 8. – №3. – S. 47-55. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200306>. (In Russian).
13. Kuz'mina S.S. Ispol'zovanie kunzhutnoi muki v tekhnologii bulochnykh izdelii / S.S. Kuz'mina // Polzunovskii vestnik. – 2019. – № 4. – S. 12-16. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.003>. (In Russian).
14. Sovremennye napravleniya ispol'zovaniya pishchevykh volokon v kachestve funktsional'nykh ingredientov / M.P. Mogil'nyi i dr. // Novye tekhnologii. – 2013. – № 1. – S. 27-31. (In Russian).
15. Seitov Z. Biokhimiya: uchebnoe posobie dlya vuzov / Z. Seitov. – Almaty: Akbar, 2011. – 795 s. (In Russian).
16. Rol' osnovnykh mineral'nykh veshchestv v pitanii detei / L.M. Panasenko i dr. // Rossiiskii Vestnik perinatologii i pediatrii. – 2018. – T. 63, № 1. – S. 122-127. DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127>. (In Russian).
17. Terekhova A.A. Analiz sostoyaniya organizatsii pitaniya kursantov kadetskogo korpusa / A.A. Terekhova // Paradigma. – 2019. – № 3. – S. 84-91. (In Russian).
18. Gunnarsdottir I. Iodine intake in human nutrition: a systematic literature review / I. Gunnarsdottir, L. Dahl // Food & nutrition research. – 2012. – T. 56, № 1. – S. 19731. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v56i0.19731>. (In English).

**Е.Д. Удербай, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева\*, Ж.С. Набиева, А.У. Байбекова**  
Алматынський технологічний університет,  
050012, Республіка Казахстан г. Алматы, вулиця Тале Бі 100  
e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru

## **ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА НА КАЧЕСТВО КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

*В статье приводится обоснование необходимости использования ингредиентов растительного происхождения для изготовления кисломолочных продуктов функционального и профилактического назначения, систематическое применение которых способствует устранению условий дефицита незаменимых веществ, необходимых организму, и повышению сопротивляемости организма неблагоприятным факторам окружающей среды. Целью данной работы является изучение влияния ингредиентов растительного происхождения на качество кисломолочных продуктов. Были проведены анализы биохимического состава образцов йогурта, приготовленного с добавлением кунжутной и тыквенной муки, богатой витаминами и минералами, а также содержащихся в них водорастворимых витаминов и минералов.*

*Из результатов анализа видно, что добавление в йогурт ингредиентов растительного происхождения положительно влияют на динамику пролиферации витаминов, отмечено увеличение содержания витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С, РР, В<sub>6</sub> по сравнению с контролем. Добавление в йогурт ингредиентов растительного происхождения привело также к увеличению содержания минеральных веществ: кальция – 0,46-1,49%, магния – 5,92-3,38%, фосфора – 12,33-7,57%, калия – 8,09-3,97%, железа – 0,15-0,14%, натрия – 0,06-0,39%, цинка-0,02-0,07%.*

**Ключевые слова:** йогурт, растительные ингредиенты, кунжутная мука, тыквенная мука, витамины, минеральные вещества.

**Ye.D. Uderbai, Z.Zh. Seidakhmetova, E.K. Assembayeva\*, Zh. S. Nabyeva, A.U. Baibekova**  
Almaty Technological University  
050012, Republic of Kazakhstan Almaty, Tole Bi 100 Street  
\*e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru

## **INFLUENCE OF PLANT INGREDIENTS ON THE QUALITY OF FERMENTED MILK PRODUCTS**

*The article substantiates the need to use ingredients of plant origin for the manufacture of fermented milk products of functional and preventive purpose, the systematic use of which contributes to the elimination of deficiency conditions of essential substances required by the body, and increase the body's resistance to adverse environmental factors. The aim of this work is to study the effect of ingredients of plant origin on the quality of fermented milk products.*

*The biochemical composition of yogurt samples prepared with the addition of sesame and pumpkin flours rich in vitamins and minerals, as well as water-soluble vitamins and minerals contained in them, were analyzed. The results of the analysis showed that the use of ingredients of natural plant origin as components of fermented milk products affects the increase in the content of macro- and microelements and vitamins.*

*The results of the analysis show that the addition of vegetable ingredients to yogurt has a positive effect on the dynamics of vitamin proliferation, therefore, the content of vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, PP, B<sub>6</sub> increased. The addition of vegetable ingredients to yogurt led to an increase in the mineral content compared with without additives: calcium – 0,46-1,49%, magnesium – 5,92-3,38%, phosphorus – 12,33-7,57%, potassium – 8,09-3,97%, iron – 0,15-0,14%, sodium – 0,06-0,39%, zinc-0,02-0,07%.*

**Key words:** yogurt, herbal ingredients, sesame flour, pumpkin flour, vitamins, minerals.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ерқанат Даулетбайұлы Үдербай** – 2 курс магистранты, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: erkanatdauletbai99@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4909-9643>.

**Зәуре Жунусовна Сейдахметова** – биология ғылымдарының докторы, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9213-7391>.

**Эльмира Куандыковна Асембаева\*** – PhD, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

**Жанар Серикболовна Набиева** – PhD, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Тамақ қауіпсіздігін ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан; e-mail: atu\_nabyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.



**Әйгерім Уакитқызы Байбекова** – техника ғылымдарының магистры, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4070-5844>.

#### Сведения об авторах

**Ерканат Даулетбайұлы Удербай** – магистрант 2 курса, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: [erkanatdauletbai99@gmail.com](mailto:erkanatdauletbai99@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4909-9643>.

**Зауре Жунусовна Сейдахметова** – доктор биологических наук, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: [s.zaure@bk.ru](mailto:s.zaure@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9213-7391>.

**Эльмира Куандықовна Асембаева\*** – PhD, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: [elmiraasembaeva@mail.ru](mailto:elmiraasembaeva@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

**Жанар Серикболовна Набиева** – PhD, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Научно-исследовательский институт пищевой безопасности, Алматы, Казахстан; e-mail: [atu\\_nabiyeva@mail.ru](mailto:atu_nabiyeva@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

**Айгерім Уакитқызы Байбекова** – магистр технических наук, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: aiko\_1995kz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4070-5844>.

#### Information about the authors

**Yerkanat Dauletbayuly Uderbai** – master's student, 2nd year, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [erkanatdauletbai99@gmail.com](mailto:erkanatdauletbai99@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4909-9643>.

**Zaure Zhunusovna Seidakhmetova** – doctor of biological sciences, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [s.zaure@bk.ru](mailto:s.zaure@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9213-7391>.

**Elmira Kuandykovna Assembayeva\*** – PhD, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [elmiraasembaeva@mail.ru](mailto:elmiraasembaeva@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

**Zhanar Serikbolovna Nabiyeva** – PhD, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Safety, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [atu\\_nabiyeva@mail.ru](mailto:atu_nabiyeva@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

**Aigerim Uakitkyzy Baibekova** – master of technical science. Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan; e-mail: [aiko\\_1995kz@mail.ru](mailto:aiko_1995kz@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4070-5844>.

Редакцияға енуі 02.02.2024

Өңдеуден кейін түсуі 03.05.2024

Жариялауға қабылданды 04.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-38

FTAXP: 65.63.33



**А.Ж. Шиналиева\*, А.Т. Бердембетова, А.У. Шингисов**

М. Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті  
160000, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

\*e-mail: [ainur\\_09\\_09@mail.ru](mailto:ainur_09_09@mail.ru)

#### ҚҰРАМА СҮТТЕН ЖАСАЛҒАН СҮЗБЕНІҢ САПАЛЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Мақалада сүзбе өндіруге арналған шикізаттың сапалық құрамын анықтауға арналған материалдар келтірілген. Сыыр, түйе және құрама сүттің физика-химиялық көрсеткіштері зерттелді. Құрама сүтті сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштері де зерттелді. Сыыр мен түйе сүтін біріктіру нәтижесінде дайын өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері жақсарады. Зерттеу нәтижелері адам денсаулығына қолайлы құрамы бар аралас сүттен сапалы ашытылған сүт өнімін өндіруге ақпараттық негіз береді. Органолептикалық талдау мен физика-химиялық көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелерін талдау бойынша қарастырылған комбинация

нұсқаларының ішінен сиыр мен түйе сүтін 70:30 қатынасында біріктіру нұсқасына үлкен артықшылық берілгенін көрсетеді. Түйе және сиыр сүтіне негізделген құрама сүттен сүтқышқылды өнімді өндіру халықты құнды сүт өнімдерімен қамтамасыз етудің өзекті міндеті болып табылады. Яғни, түйе сүтінен алынған сүтқышқылды өнімдері жоғары тағамдық және де биологиялық құнды, бұл дегеніміз бастапқы сүт өнімінің құрамына және қасиетіне тікелей байланысты болып келеді. Қазіргі уақытта түйе сүтінен жасалған өнімдер қазақстандық нарықта дәрілік және диеталық өнім ретінде тұтынылады. Яғни, түйе сүті шикізат ретіндегі негізгі маңызы ерекше химиялық құрамына тікелей байланысты өте жоғары болып келеді.

**Түйін сөздер:** құрама сүт, түйе сүті, сиыр сүті, органолептикалық бағалау, физико-химиялық көрсеткіштері.

## **Кіріспе**

Қазіргі кезде қазақстандық сүт өнімдіру нарығы жылдам даму үстінде және өндірілетін өнімдердің асортименті айтарлықтай кеңейтілуде. Бұл дегеніміз экономикадағы күрделі жағдайға, халықаралық жағдайдың өзгеріп отыруына байланысты, сүт өндіру оны өңдеу саласында сапалы өсуді қамтамасыз етудің жаңа тәсілдері қарастырылуда [1]. Сүт өнімдері халықтың барлық дерлік жас санаттарының күнделікті тұтынатын өнімдеріне жатады және осы тағам түрінің кең асортиментімен ұсынылған. Сүттің өзіне қарағанда сіңімділігіне байланысты сүтқышқылды түрлері ең пайдалы болып саналады және лактоза сияқты компонентке төзбеушілікке бейім адамдар үшін тұтынуға болатынымен ерекшеленеді. Көптеген зерттеулер дұрыс тамақтанудың міндетті компоненттерінің бірі сүтқышқылды өнімдерін тұтыну екенін дәлелдеді.

Сүзбе-бұл ел халқының дұрыс тамақтануға деген қызығушылығының артуы аясында ең көп сұранысқа ие дәстүрлі ақуызды ашытылған сүт өнімі. Оның тағамдық және биологиялық құндылығы аминқышқылдарының, оның ішінде құрамында күкірт бар – метионин мен лизиннің, сондай-ақ холиннің, кальцийдің, фосфордың жоғары құрамымен анықталады [2].

Қазіргі кезде көп жағдайда сүт өнімдерінің шикізаты сиыр сүті болып табылады. Қазақстанда шағын және орта бизнесті қолдаудың арқасында түйе басының саны өсуде. Соңғы жылдары бұл салада қарқынды болмаса да, бірақ малдың тұрақты өсуі байқалды. Түйе сүтінде ұшпа қышқылдардың көптеген мөлшерлерін кездестіруге болады яғни линол қышқылы мен поликанықпаған және де моноқанықпаған май қышқылдары адамның тамақтануында маңызды орынға ие. Түйе сүті ақуыздың бай көзі екендігін білеміз ол дегеніміз құрамында лизоцим мен лактоферрин және де лактопероксидаза, иммуноглобулиндер бар және де түйе сүтінде кездесетін пептидогликандарды анықтайтын ақуыз кездеседі [3,4].

Макро және микроэлементтердің едәуір мөлшеріне қарамастан, түйе сүтінің айтарлықтай кемшілігі бар, ол осы ферменттердің шабуылына ұшыраған к-казеиннің төмен болуына байланысты сүт ферменттерінің әлсіз ұюында көрінеді [5]. Бұдан әрі түйе сүтінің ұю қабілетін анықтау мақсатында технологиялық қасиеттері, алынған нәтижелерді сүзбе өндіру технологиясында пайдалану мақсатында сиыр сүтінің мөлшерінің қышқылды сүзбе ұйығыштарының сапалық көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Түйе сүті нәзіктеу, тығыз емес, борпылдақ ұйынды түзеді, сарысуды бөлуі нашар болып табылады. Яғни, сиыр сүтін қосуда тығыз ұйынды алуға зор мүмкіндік беретіні мәлім болды.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, түйе мен сиыр сүтіне негізделген құрама сүттен сүзбе өндіру халықты құнды сүт өнімдерімен қамтамасыз ету үшін өзекті міндет болып табылады [5,6].

## **Зерттеу объектілері**

Зерттеу нысаны «Бөрте-Милка» ЖШС-нен сатып алынған 2,5% майлы сиыр сүтінің үлгілері және «Желмая» ЖК-ден сатып алынған түйе сүті болды.

## **Материалдар мен зерттеу әдістері**

Сүт пен сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу стандартты әдістермен жүргізілді, ақуыздың массалық үлесі МЕМСТ 25179-2014, майдың массалық үлесі МЕМСТ 5867-70, СҚҚҚ МЕМСТ Р 54761-2011, титрленетін қышқылдық МЕМСТ 3624-92, рН-Потенциометриялық әдіс қолданылды [7,8].

Құрама сүтті органолептикалық бағалау МЕМСТ ИСО 22935-2-2011 сәйкес жүргізілді.

Шикізаттың минералды құрамы ҚР СТ ИСО 17294-2-2006 Varian-820MS бойынша индуктивті байланысқан плазмасы бар масс-спектрометрде (ИСП-МС) зерттелді. Үлгілер күл алу үшін муфель пешінде жағылды, ондағы құрамын расторлық электронды микроскопта рентген-спектрлік әдіспен анықталды. Шикізаттың минералды құрамы М.Әуезов атындағы ОҚУ жанындағы "ИРЛИП" инженерлік бейіндегі аттестатталған аймақтық сынақ зертханасында жасалды.

#### *Сүтті араластыру нұсқалары*

Құрама сүт келесідей алынды: сиыр сүті мен түйе сүтіт келесідей арақатынаста араластырылды 50:50; 60:40,70:30; 80:20.

#### *Құрама сүттен сүзбе дайындау әдісі*

Құрама сүттен алынған сүзбе келесідей алынды: дайындалған құрама сүтке [70: 30] Yolactis фирмасының ашытқысы енгізілді, араластырылды және 37-38°C температурада 8 сағат ашытуға қалдырылды. алынған ашытылған сүт негізі тығыз шикі үлпектер пайда болғанға дейін 20-30 минут қыздырылды. Содан кейін салқындатылып сарысудан ағызылды.

#### **Нәтижелер және оларды талқылау**

Құрама сүтті органолептикалық бағалаудың зерттеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Құрама сүтті органолептикалық бағалау нәтижелері

Сипаттамалар	Сиыр мен түйе сүтін үйлестіру нұсқалары			
	50:50	60:40	70:30	80:20
Консистенция	Сұйық, біртекті	Сұйық, біртекті	Сұйық, біртекті	Сұйық, біртекті
Дәмі мен иісі	Дәмі шұбатқа ұқсас, иісі түйе сүтіне тән. Қышқыл дәмге ие	Дәмі: жағымды, сәл қышқыл. Иісі: түйе сүтіне тән	Жағымды, жеткілікті қышқыл дәмді. Жағымды түйе сүтіне тән сүтті иісті	Сүтке тән дәмге ие, аздап түйе сүтінің иісі білінеді. Сүтті татым
Түсі	Көк реңді	Аздап крем реңді	Крем реңді	Крем реңді

Органолептикалық көрсеткіштердің кестелік деректерін талдау қарастырылған комбинация нұсқаларының ішінен сиыр мен түйе сүтін 70:30 қатынасында біріктіру нұсқасына үлкен артықшылық берілгенін көрсетеді.

Шикізат пен аралас сүттің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері [70:30] 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Зерттелетін үлгілердің шикізаты мен аралас сүтінің физика-химиялық көрсеткіштерінің салыстырмалы көрсеткіштері

№	Көрсеткіштердің аталуы, өлшем бірлігі	Сиыр сүті	Түйе сүті	Құрама сүт [70:30]
1	Ақуыздың массалық үлесі, %	2,73±0,01	4,14±0,01	3,82±0,01
2	Майдың массалық үлесі, %	2,8±0,01	5,7±0,01	3,5±0,01
3	СҚҚҚ, %	7,63±0,06	11,90±0,06	8,56±0,06
4	Титрленетін қышқылдылық, Т	16,8	16,2	16,7
5	pH	5,47	5,67	5,98

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесін қорытындылай келе түйе сүтінің құрамы сиыр сүтінен айтарлықтай ерекшеленетіні анықталды.

Құрама сүтте ақуыздың массалық үлесі сиыр сүтіне қарағанда 39,9% көп. Майдың массалық үлесі 25%, СҚҚҚ сиыр сүтіне қарағанда 12% көп. Титрленетін қышқылдық 9,9% төмендеді. Бұл сиыр мен түйе сүтін біріктіру орынды екенін және құрама сүттің физика-химиялық көрсеткіштері стандарттарға сәйкес келетінін көрсетеді.

Бұл дегеніміз түйе сүтінен алынған ашытылған сүт өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары екендігі, бұл дегеніміз бастапқы сүт-шикізаттың құрамы мен қасиеттеріне тығыз байланысты екендігін білеміз.

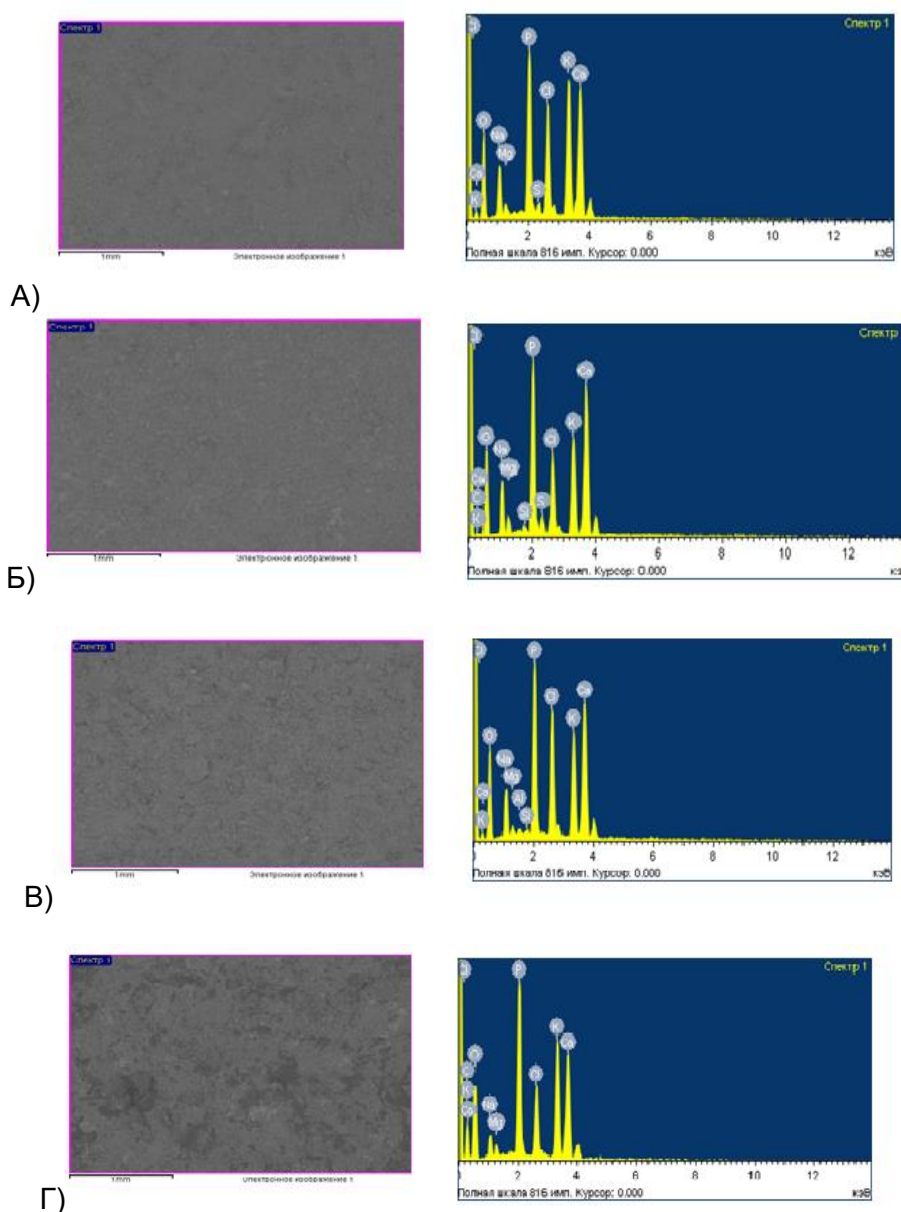
70:30 қатынасындағы құрама сүттен алынған сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Құрама сүттен алынған сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштері [70:30]

№	Көрсеткіштердің аталуы, өлшем бірлігі	МЕМСТ 32261-2013 талаптары	Сүзбе 70:30
1	Ақуыздың массалық үлесі, %	5 кем емес	14,83±0,07
2	Майдың массалық үлесі, %	Кем емес	11,5±0,06
3	СҚҚҚ, %	10 кем емес	12,31±0,01
4	Титрленетін қышқылдылық, Т	230 артық емес	190
5	pH	-	5,51

3-кестедегі мәліметтерге сәйкес, физика-химиялық көрсеткіштер бойынша өндірілген сүзбе МЕМСТ 32261-2013 Сүзбе. Техникалық шарттар талаптарына толық сәйкес келеді. [10].

Күл рентгенограммасын және сүт шикізатының минералды құрамының спектрограммасын зерттеу нәтижелері- № 1 құрама сүт (70:30 қатынасында); № 2 сиыр сүті; № 3 түйе сүті; №4 құрама сүттен алынған сүзбенің ICP-МС масс-спектрометрінде алынған нәтижелері және олардың құрамының эксперименттік деректерін диаграмма түрінде өңдеу нәтижелері 1 суретте көрсетілген.

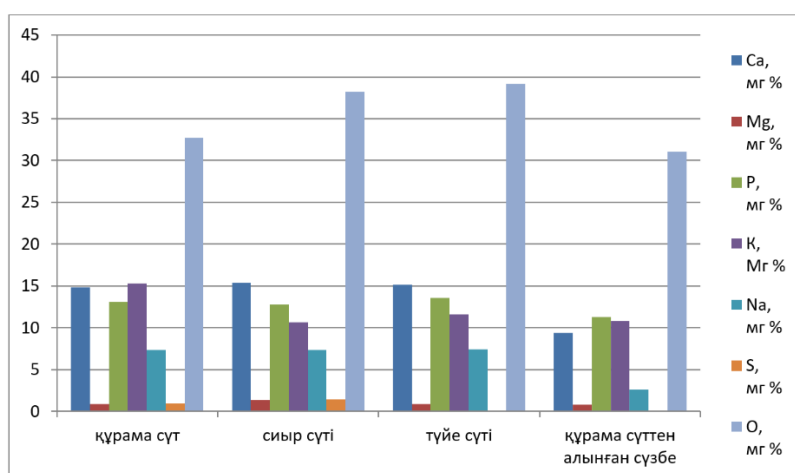


Сурет 1 – Құрама сүті (а), сиыр сүті (б), түйе сүті (в), құрама сүттен сүзбе (г) минералды құрамының күл рентгенограммасы және спектрограммасы

Сүт шикізатының зерттелген нұсқаларының күл рентгенограммасы мен минералды құрамының спектрограммасын талдау күлдің құрамына негізінен төрт катион – кальций, натрий, калий, магний кіретінін көрсетті. Құрама сүт яғни сиыр мен түйе сүті, құрама сүттен өндірілген сүзбе құрамындағы макро және микроэлементтердің құрамы 4 кесте мен 2 суретте келтірілген.

Кесте 4 – Құрама сүт яғни сиыр мен түйе сүті, құрама сүттен өндірілген сүзбе құрамындағы макро және микроэлементтердің құрамы

Сүт шикізаты	Ca, мг %	Mg, мг %	P, мг %	K, мг %	Na, мг %	S, мг %	O, мг %
№ 1 құрама сүт	14,84	0,91	13,11	15,28	7,35	0,97	32,75
№ 2 сиыр сүті	15,42	1,38	12,78	10,70	7,37	1,47	38,24
№ 3 түйе сүті	15,19	0,89	13,55	11,60	7,40	-	39,21
№ 4 құрама сүттен алынған сүзбе	9,41	0,84	11,28	10,78	2,65	-	31,09



Сурет 2 – Құрама сүт яғни сиыр мен түйе сүті, құрама сүттен алынған сүзбенің құрамындағы макро және микроэлементтердің құрамының диаграммасы

4-кестеде келтірілген мәліметтерде макро-элементтердің құрама сүтінен сүзбе жасауға арналған сүт шикізатының зерттелген үлгілерінде кальций, фосфор, калий барлық үлгілерде айтарлықтай ерекшеленбейтінін көруге болады.

Зерттелген үлгілердің ішінде құрама сүт үлгісінде калийдің құрамы үлкен мөлшерде екенін көруге болады. Осылайша, сүт шикізатының минералды құрамын зерттеу барысында алынған мәліметтеріне сүйене отырып, олардың құрамында өмірлік маңызды макро – және микроэлементтер бар деген қорытынды жасауға болады және оны сүтқышқылд өнімді өндіру үшін пайдалануға болады.

#### Қорытындылар

Жүргізілген зерттеулер негізінде келесі тұжырымдар жасалды:

– органолептикалық сипаттамалары мен физика-химиялық қасиеттеріне қарап сиыр сүтінің түйе сүтімен қосылған құрамының ең қолайлы нұсқасы олардың 70:30 қатынасы болып келеді;

– сиыр және түйе сүтінің аралас құрамының нәтижесін зерттей келе өнімнің физика-химиялық көрсеткіштері жақсарды;

– минералды құрамын зерттеу келе құрама сүт сиыр және түйе сүтінен кем түспейтіндігіне көз жеткіздік, бұл дегеніміз кейбір минералды элементтерде (калий, кальций) жоғары болды. Сиыр және түйе сүтінен жасалған құрама сүтті сүтқышқылды өнімдерді жасау үшін қолдануға болады. Бұл дегеніміз, сүт өнімін халықтың барлық топтарына кальций, калий, фосфор көзі ретінде ұсынуға болады.

Қазіргі кезде түйе сүтінен өндірілген өнімдер қазақстандық нарықта емдік, диеталық жаппай тұтыну өнімдері ретінде сатылымда бар. Түйе сүтінің шикізат ретіндегі потенциалы оның ерекше химиялық құрамына байланысты өте жоғары болып келеді.

### Әдебиеттер тізімі

1. Гаврилова, Н.Б. Технология молока и молочных продуктов: традиции и инновации: учебник / Н.Б. Гаврилова, М.П. Щетинин. – М.: Колос С, 2012. – 544 с.
2. Ильина, А.М. Повышение биологической ценности творога / А.М. Ильина // Молоч. пром-сть. – 2011. – № 4. – С. 74-75.
3. Самсонова, М.А. Концепция сбалансированного питания и ее значение в изучении механизмов лечебного действия пищи / М.А. Самсонова // Вопросы питания. – 2001. – № 5. – С. 3-9.
4. Morelli L. Yogurt, living cultures, and gut health / L. Morelli // Am J Clin Nutr. – 2014. – № 99. – P. 1248-1250.
5. Диханбаева Ф.Т. Использование верблюжьего молока в производстве мягкого сыра / Ф.Т. Диханбаева // Пищевая технология и сервис. – 2009. – № 4-5. – С.3-4.
6. Bashir S. Effect of camel milk on thymus and activation-regulated chemokine in autistic children: double-blind study / S. Bashir, L.Y. Al-Ayadhi // Pediatr. Res. – 2014. – Vol. 75, Issue 4. P. – 559-563.
7. ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 23 с.
8. Коңарбаева З.К. Биотехнология получения национальных кисломолочных продуктов на основе пробиотических микроорганизмов: дис... докт. философии (PhD): 6D070100; науч. конс. А.А. Сапарбекова, Н.Я. Спивак. – Алматы, 2014. – 132 с.
9. Диханбаева Ф.Т. Совершенствование технологии кисломолочных продуктов / Ф.Т. Диханбаева, Э.Ч. Базылханова, А.А. Абишева // Вестник КазННТУ имени К.И. Сатпаева. – 2016. – Алматы. – № 1. – С. 333-337.
10. Irvani S. Technology and potential applications of probiotic encapsulation in fermented milk products / S. Irvani, H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52, № 8. – P. 4679-4696.
11. Пат. 29355 Республика Казахстан, МПК А23С 9/12. Способ приготовления кисломолочного напитка из верблюжьего молока / Сағындықова С.З., Сағындықов У.З., Дюсекенова А.Б.; заявитель и патентообладатель Атырауский гос. унив. им. Х. Досмухамедова. – KZ 24648 А4; заявл. 18.07.13; опубл. 25.12.14, Бюл № 12. – 5 с.

### References

1. Gavrilova, N.B. Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov: traditsii i innovatsii: uchebnik / N.B. Gavrilova, M.P. Shchetinin. – M.: Kolos S, 2012. – 544 s. (In Russian).
2. Il'ina, A.M. Povyshenie biologicheskoi tsennosti tvoroga / A.M. Il'ina // Moloch. prom-st'. – 2011. – № 4. – S. 74-75. (In Russian).
3. Samsonova, M.A. Kontseptsiya sbalansirovannogo pitaniya i ee znachenie v izuchenii mekhanizmov lechebnogo deistviya pishchi / M.A. Samsonova // Voprosy pitaniya. – 2001. – № 5. – S. 3-9. (In Russian).
4. Morelli L. Yogurt, living cultures, and gut health / L. Morelli // Am J Clin Nutr. – 2014. – № 99. – R. 1248-1250. (In English).
5. Dikhanbaeva F.T. Ispol'zovanie verblyuzh'ego moloka v proizvodstve myagkogo syra / F.T. Dikhanbaeva // Pishchevaya tekhnologiya i servis. – 2009. – № 4-5. – S.3-4. (In Russian).
6. Bashir S. Effect of camel milk on thymus and activation-regulated chemokine in autistic children: double-blind study / S. Bashir, L.Y. Al-Ayadhi // Pediatr. Res. – 2014. – Vol. 75, Issue 4. P. – 559-563. (In English).
7. GOST 32261-2013. Maslo slivochnoe. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2013. – 23 s. (In Russian).
8. Konarbaeva Z.K. Biotekhnologiya polucheniya natsional'nykh kislomolochnykh produktov na osnove probioticheskikh mikroorganizmov: dis... dokt. filosofii (PhD): 6D070100; nauch. kons. A.A. Saparbekova, N.YA. Spivak. – Almaty, 2014. – 132 s. (In Russian).
9. Dikhanbaeva F.T. Sovershenstvovanie tekhnologii kislomolochnykh produktov / F.T. Dikhanbaeva, E.H. Bazylkhanova, A.A. Abisheva // Vestnik KaZNITU imeni K.I. Satpaeva. – 2016. – Almaty. – № 1. – S. 333-337. (In Russian).

10. Iravani S. Technology and potential applications of probiotic encapsulation in fermented milk products / S. Iravani, H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 52, № 8. – R. 4679-4696. (In English).

11. Pat. 29355 Respublika Kazakhstan, MPK A23C 9/12. Sposob prigotovleniya kislomolochnogo napitka iz verblyuzh'ego moloka / Sagyndykova S.Z., Sagyndykov U.Z., Dyusekenova A.B.; zayavitel' i patentoobladatel' Atyrauskii gos. univ. im. KH. Dosmukhamedova. – KZ 24648 A4; zayavl. 18.07.13; opubl. 25.12.14, Byul № 12. – 5 s. (In Russian).

**А.Ж. Шиналиева\*, А.Т. Бердембетова, А.У. Шингисов**

Южно-Казахстанский университет им.М.Ауезова  
160000, Республика Казахстан, г.Шымкент, проспект Тауке хана, 5  
\*e-mail: ainur\_09\_09@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ТВОРОГА ИЗ КОМБИНИРОВАННОГО МОЛОКА**

*В статье представлены материалы по определению качественного состава сырья для производства творога. Были исследованы физико-химические показатели коровьего, верблюжьего и комбинированного молока. Также были исследованы физико-химические показатели творога из комбинированного молока. В результате комбинирования коровьего и верблюжьего молока улучшается физико-химические показатели готового продукта. Результаты исследования дают информационную основу к производству качественного кисломолочного продукта из комбинированного молока с благоприятным составом для здоровья человека. Из рассмотренных вариантов комбинирования органолептического анализа и анализа результатов исследований физико-химических показателей видно, что большое предпочтение отдается варианту комбинирования коровьего и верблюжьего молока в соотношении 70:30. Производство молочного продукта, в том числе творога из комбинированного молока в составе верблюжьего и коровьего молока, является актуальной задачей обеспечения населения высококачественными молочными продуктами. Молочные продукты на основе верблюжьего молока обладают высокой питательной и биологической ценностью, что обусловлено составом и свойствами исходного молочно-сырьевого сырья. В настоящее время продукты из верблюжьего молока используются на казахстанском рынке в качестве лекарственных и диетических продуктов и продуктов массового потребления. Однако, ценность верблюжьего молока как сырья очень высока из-за его уникального химического состава.*

**Ключевые слова:** комбинированное молоко, верблюжье молоко, коровье молоко, органолептическая оценка, физико-химические свойства.

**A.Zh. Shinaliyeva\*, A.T. Berdembetova, A.U. Shingisov**

M. Auezov South Kazakhstan University,  
160000, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,  
\*e-mail: ainur\_09\_09@mail.ru

## **INVESTIGATION OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF COTTAGE CHEESE FROM COMBINED MILK**

*The article presents materials on determining the qualitative composition of raw materials for the production of cottage cheese. The physico-chemical parameters of cow's, camel's and combined milk were studied. The physico-chemical parameters of cottage cheese from combined milk were also studied. As a result of the combination of cow's and camel's milk, the physico-chemical parameters of the finished product improve. The results of the study provide an information basis for the production of a high-quality fermented milk product from combined milk with a favorable composition for human health. The analysis of the results of the study of organoleptic analysis and physico-chemical indicators shows that of the considered combination options, the greatest preference was given to the option of combining cow and camel milk in a ratio of 70:30. The production of lactic acid products from compound milk based on camel and cow's milk is an urgent task to provide the population with valuable dairy products. In addition, fermented milk products from camel milk have a high nutritional and biological value, which is due to the composition and properties of primary milk-raw materials. Currently, camel milk products are used in the Kazakhstan market as medicinal and dietary and mass consumption products. However, the importance of camel milk as a raw material is very high due to its unique chemical composition.*

**Key words:** combined milk, camel milk, cow's milk, organoleptical evaluation, physic-chemical properties.

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Айнур Жандильдақызы Шиналиева\*** – докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан, e-mail: ainur\_09\_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8656-0302>.

**Айнур Туймебаевна Бердембетова** – докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан, e-mail: ainura13\_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7717-2373>.

**Азрет Утебаевич Шингисов** – техника ғылымдарының докторы, «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры, Шымкент, Қазақстан, e-mail: azret\_utebai@mail.ru. <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

#### Сведения об авторах:

**Айнур Жандильдаевна Шиналиева** – докторант, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан, e-mail: ainur\_09\_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8656-0302>.

**Айнур Туймебаевна Бердембетова** – докторант, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан, e-mail: ainura13\_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7717-2373>.

**Азрет Утебаевич Шингисов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов», Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан, e-mail: azret\_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

#### Information about the authors:

**Ainur Zhandildayevna Shinaliyeva\*** – Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ainur\_09\_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8656-0302>.

**Ainur Tuimebayevna Berdimbetova** – Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ainura13\_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7717-2373>.

**Azret Utebayevich Shingisov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology and Food Safety, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: azret\_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

*Редакцияға енуі 04.04.2024*

*Өңдеуден кейін түсуі 02.05.2024*

*Жариялауға қабылданды 03.05.2024*





**A. Adylkanova, Zh. Akishov, A. Bektemissov, T. Umyrzhan\*, A. Kassymov**  
Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka street, 20 A  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

## LABORATORY STAND FOR STUDYING THE EFFECTIVENESS OF USING NANOFLUIDS TO INTENSIFY HEAT TRANSFER IN HYBRID SOLAR COLLECTORS

**Abstract:** *The article discusses the issues of studying heat transfer in hybrid solar collectors using a developed laboratory stand. The issue of solar energy efficiency is very important in light of the modern concept of carbon neutrality. One of the most promising solar energy technologies is the use of hybrid solar collectors, where, along with electrical energy, thermal energy is also generated. The heat removed from the surface of the solar panel allows to maintain a high level of its efficiency, and the heat removed is used by the consumer. One of the most effective methods for intensifying heat transfer in hybrid solar collectors is the use of nanofluids as a coolant. Nanofluids are a new type of coolant with increased thermal conductivity, consisting of a base fluid and nanoparticles. The most commonly used and economically feasible are nanofluids with the addition of metal oxides. The developed laboratory stand will allow simulating solar radiation and studying the current-voltage characteristics of the solar panel at different lighting levels. The use of different types of nanofluids will allow to determine the most efficient operating modes of a hybrid solar collector. Analysis of thermal and electrical efficiency will provide a more complete picture of production when hybrid solar collectors operate in various modes using different types of nanofluids.*

**Key words:** *hybrid solar collector, heat transfer, nanofluid, laboratory stand, energy efficiency.*

### Introduction

Issues of energy independence, along with environmental safety, are the main priorities of the energy policy of the Republic of Kazakhstan. A large specific share of hydrocarbon generation, exceeding 70% of total output, is one of the main problems of the country's energy industry [1]. The payback period of renewable energy sources is still quite high and cannot compete with traditional energy generation [2]. The presence of relatively cheap coal reserves makes investments in unconventional energy less economically profitable. However, taking the path of green energy is inevitable, so the state needs to support the development of certain most promising sources of renewable energy.

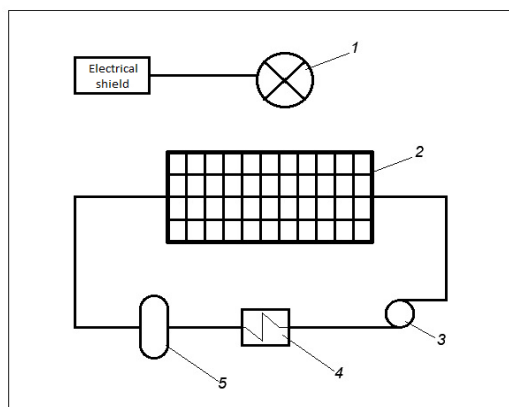
As is known, in recent years, a variety of renewable energy technologies have been developed [3]. However, the increase in generation based on solar energy is the most significant [4]. With the development of new technologies, the price of obtaining photovoltaic elements for solar panels has decreased. One of the most significant problems is the decrease in the efficiency of a solar panel with increasing temperature of the panel surface [5-7]. To prevent this problem, hybrid solar collectors have been developed that allow solving two problems: cooling the panel surface, providing a higher efficiency factor, and obtaining thermal energy for consumer needs.

The most promising method for increasing the efficiency of such panels is to intensify heat transfer in them using nanofluids [8-11]. Previously, the authors obtained certain results on the study of the thermal conductivity of nanofluids [12]. In the presented work, to study the effectiveness of nanofluids for intensifying heat transfer, a laboratory bench was developed to determine the operating efficiency of hybrid solar collectors in real conditions.

### Materials and methods

The laboratory stand is designed to conduct thermophysical studies, namely to determine the

efficiency of using various coolants in the thermal part of a hybrid solar collector. Figure 1 shows a diagram of the developed laboratory stand.



1 – halogen spotlight, 2 – solar panel, 3 – circulation pump, 4 – water heater, 5 – liquid container

Figure 1 – Schematic diagram of the laboratory stand

Tables 1 and 2 respectively present the electrical and mechanical characteristics of the photovoltaic module (PVM).

Table 1 – Electrical characteristics of the PVM module

Characteristic		Value
Peak electrical power, W		100
Tolerance, %		0~ + 3
Optimal operating voltage, V		20,2
Optimal operating current, A		4,96
Short circuit current (Isc), A		5,24
Open circuit voltage (Uoc), V		24,7
Operating temperature (NOCT), °C		From -40 to 85
Maximum system voltage, V		1000
Maximum series fuse rating, A		15
Quality category		Grade A
PVM element efficiency, %		19,38
PVM efficiency, %		22,60
Temperature coefficients	NOCT	45±2°C
	Pmax	-0,44%/°C
	Voc	-0,34%/°C
	Isc	-0,060%/°C
Standard measurement conditions (SMC):		
AM=1,5	Radiation =1000 W/m	T=25±2°C

Table 2 – Mechanical characteristics of PVM

Characteristic	Value
Overall dimensions of the stand (L × W × H), mm	970× 780 × 1840
Module type	monocrystalline
Module dimensions (L × W × H), mm	770 × 670 × 30
Number of cells	36(4x9)
Weight, kg	5,5
Front glass	Tempered coated glass 3.2 mm
Frame	Anodized aluminum
Terminal box	IP65
Cable	Positive and negative terminals - double insulated cable, cross-section 4 mm <sup>2</sup> , length (L) 900 mm, MC4 connector or compatible with it.

## Results and discussion

The developed laboratory stand will allow to determine the efficiency of using nanofluids in hybrid solar collectors. This will make it possible to study promising nanofluids and compare laboratory data on the thermophysical properties of nanofluids with their behavior under the conditions of a real hybrid solar collector.

The use of a halogen spotlight is due to the fact that the emission spectrum of a halogen lamp is closest to that of the sun compared to other types of lamps. Changing the power of the spotlight allows to simulate different degrees of solar radiation. The solar panel is cooled by a coil heat exchanger, where the nanofluid will circulate and provide heat exchange with the surface of the solar panel. The function of the water heater is to simulate the temperature at which the panel operates.

Simulating the operation of a hybrid solar collector with a circulating nanofluid will provide a number of important experimental data for further research into the efficiency of electrical energy generation at different solar panel surface temperatures.

## Conclusion

The joint production of thermal and electrical energy in hybrid solar collectors is one of the promising technologies for the development of renewable sources in the Republic of Kazakhstan. The developed laboratory stand will allow a number of studies to be carried out in the field of determining the effectiveness of the use of nanofluid coolants in the circuits of hybrid solar collectors. Analysis of temperatures at characteristic points of the circuit, as well as determination of the current-voltage characteristics of the panel under various operating modes of the collector will provide valuable data for studying the issues of intensifying heat transfer in hybrid solar collectors.

## References

1. Dzhumamukhambetov N.G. Development of renewable energy in Kazakhstan / N.G. Dzhumamukhambetov, V.A. Yashkov // Publisher agency: Proceedings of the 4th International Scientific Conference «Scientific Research and Experimental Development» (September 28-29, 2023). – London, England, 2023. – 202 p.
2. Schultz H.S. Design, greenhouse emissions, and environmental payback of a Photovoltaic Solar Energy System / H.S. Schultz, M. Carvalho // *Energies*. – 2022. – T. 15, № 16. – P. 6098.
3. Sharif A. A step towards sustainable development: role of green energy and environmental innovation / A. Sharif, U. Mehmood, S. Tiwari // *Environment, Development and Sustainability*. – 2024. – V. 26, № 4. – P. 9603-9624.
4. Role of solar energy in reducing ecological footprints: An empirical analysis / A. Sharif et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – V. 292. – P. 126028.
5. Investigation of the effect temperature on photovoltaic (PV) panel output performance / A.R. Amelia et al // *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* – 2016. – V. 6, № 5. – P. 682-688.
6. Peng Z. Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation / Z. Peng, M.R. Herfatmanesh, Y. Liu // *Energy conversion and management*. – 2017. – V. 150. – P. 949-955.
7. Siecker J. A review of solar photovoltaic systems cooling technologies / J. Siecker, K. Kusakana, B.P. Numbi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – V. 79. – P. 192-203.
8. Advances in PV and PVT cooling technologies: A review / A.K. Hamzat et al // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2021. – V. 47. – P. 101360.
9. Nasrin R. Water/MWCNT nanofluid based cooling system of PVT: Experimental and numerical research / R. Nasrin, N.A. Rahim, H. Fayaz // *Renewable energy*. – 2018. – V. 121. – P. 286-300.
10. Experimental investigations on unglazed photovoltaic-thermal (PVT) system using water and nanofluid cooling medium / G.S. Menon et al // *Renewable Energy*. – 2022. – V. 188. – P. 986-996.
11. Mahmood Alsalame H.A. Performance Evaluation of a Photovoltaic Thermal (PVT) system using nanofluids / H.A. Mahmood Alsalame, J.H. Lee, G.H. Lee // *Energies*. – 2021. – V. 14, № 2. – P. 301.
12. Intensification of heat transfer in hybrid solar collectors by using nanofluids as a coolant / A. Kassymov et al // *Scientific journal «Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan»*. – 2023. – V. 348, № 4. – P. 69-79.

## Funding information

*This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant no. AP19678220).*

**А. Адылканова, Ж. Акишов, А. Бектемисов, Т. Умыржан\*, А. Касымов**

Университет имени Шакарима г. Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

*В статье рассмотрены вопросы исследования теплообмена в гибридных солнечных коллекторах с помощью разработанного лабораторного стенда. Вопрос эффективности солнечной энергетики является весьма важным в свете современной концепции углеродной нейтральности. Одной из наиболее перспективных технологий солнечной энергетики является использование гибридных солнечных коллекторов, где наряду с электрической энергией вырабатывается и тепловая энергия. Теплота, отводимая от поверхности солнечной панели позволяет поддерживать высокий уровень ее эффективности, а отведенное тепло используется потребителем. Одним из наиболее действенных методов интенсификации теплообмена в гибридных солнечных коллекторах является использование наножидкостей в качестве теплоносителя. Наножидкости являются новым типом теплоносителей с повышенной теплопроводностью, состоящие из базовой жидкости и наночастиц. Наиболее часто используемыми и экономически целесообразными являются наножидкости с добавлением оксидов металлов. Разработанный лабораторный стенд позволит имитировать солнечное излучение и исследовать вольт-амперную характеристику солнечной панели при различных уровнях освещения. Использование различных видов наножидкостей позволит определить наиболее эффективные режимы работы гибридного солнечного коллектора. Анализ тепловой и электрической эффективности позволит получить более полную картину выработки при эксплуатации гибридных солнечных коллекторов в различных режимах с использованием разных типов наножидкостей.*

**Ключевые слова:** гибридный солнечный коллектор, теплообмен, наножидкость, лабораторный стенд, энергоэффективность.

**А. Адылканова, Ж. Акишов, А. Бектемисов, Т. Умыржан\*, А. Касымов**

Семей қ. Шәкәрім атындағы Университет,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

## ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЛАРЫНДА ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ҚАРҚЫНДАТУ ҮШІН НАНОСҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН ЗЕРТХАНАЛЫҚ СТЕНД

*Мақалада әзірленген зертханалық стендті пайдаланып гибриді күн коллекторларында жылу алмасуды зерттеу мәселелері қарастырылған. Күн энергиясының тиімділігі мәселесі көміртегі бейтараптығының заманауи тұжырымдамасы тұрғысынан өте маңызды. Ең перспективалы күн энергиясы технологияларының бірі гибриді күн коллекторларын пайдалану болып табылады, мұнда электр энергиясымен қатар жылу энергиясы да өндіріледі. Күн панелінің бетінен алынған жылу оның тиімділігін жоғары деңгейде ұстауға мүмкіндік береді, ал алынған жылуды тұтынушы пайдаланады. Гибриді күн коллекторларында жылу алмасуды қарқындатудың ең тиімді әдістерінің бірі салқындатқыш ретінде наносұйықтықтарды пайдалану болып табылады. Наносұйықтықтар – негізгі сұйықтық пен нанобөлшектерден тұратын жоғары жылу өткізгіштігі бар салқындатқыштың жаңа түрі. Ең жиі қолданылатын және экономикалық жағынан тиімдісі металл оксидтері қосылған наносұйықтықтар болып табылады. Әзірленген зертханалық стенд күн радиациясын имитациялауға және жарықтандырудың әртүрлі деңгейлерінде күн панелінің тоқ кернеуінің сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік береді. Наносұйықтықтардың әртүрлі түрлерін пайдалану гибриді күн коллекторының ең тиімді жұмыс режимдерін анықтауға мүмкіндік береді. Жылулық және электрлік тиімділікті талдау гибриді күн коллекторларын әр түрлі*

наносұйықтықтарды пайдалана отырып, әртүрлі режимдерде пайдалану кезінде өндірістің толық көрінісін береді.

**Түйін сөздер:** гибриді күн коллекторы, жылу алмасу, наносұйықтық, зертханалық стенд, энергия тиімділігі.

#### Сведения об авторах

**Айнур Жарылкасыновна Адылканова** – докторант ОП Техническая физика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

**Жандос Қайрбекұлы Акишов** – магистрант ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

**Ануар Алмасбекович Бектемисов** – докторант ОП Техническая физика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Аскар Багдатович Касымов** – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Айнур Жарылкасыновна Адылканова** – Техникалық физика ББ докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

**Жандос Қайрбекұлы Акишов** – Жылу энергетикасы ББ магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

**Ануар Алмасбекович Бектемисов** – Техникалық физика ББ докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Аскар Багдатович Касымов** – PhD докторы, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а.; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

#### Information about the authors

**Ainur Zharylkasynovna Adykanova** – PhD student in Technical Physics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941.

**Zhandos Kairbekuly Akishov** – Master's student in Heat Power Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhandosakishov@gmail.com.

**Anuar Almasbekovich Bektemissov** – PhD student in Technical Physics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: anuar.bektemissov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632.

**Temirlan Nurlanuly Umyrzhan** – senior lecturer of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Askar Bagdatovich Kassymov** – PhD, acting associate professor of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508.

*Received 31.05.2024*

*Revised 03.06.2024*

*Accepted 11.06.2024*

**Б.К. Рахадиллов<sup>1,2</sup>, М.Б. Баяндинова<sup>2\*</sup>, А. Маулит<sup>2,3</sup>, Р. Кусаинов<sup>3</sup>, Б. Азаматов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,  
070018, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., 30-Гвардиялық дивизия к-сі, 34

<sup>2</sup>ЖШС «PlasmaScience»,  
070018, Қазақстан Республикасы, Өскемен, Өскемен қалалық әкімшілігі,

<sup>3</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>4</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
070004, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Серікбаев көшесі, 19

\*e-mail: shohmanova\_m@mail.ru

### **СҰЙЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРҒА АРНАЛҒАН БОЛАТТАН ЖАСАЛҒАН АППЛИКАТОРДЫ ЭЛЕКТРОЛИТТІК-ПЛАЗМАЛЫҚ БЕТТІК ҚАТАЙТУ**

**Аңдатпа:** Осы зерттеудің нәтижелері бойынша сынақ жүргізуге және далада сұйық тыңайтқыштарды қолдану үшін ине аппликаторларын қолдану перспективаларын анықтауға келісімшарт жасалды. Жұмыста 12X18H10T болаттан жасалған сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған қуыс аппликатор инелерінің трибологиялық және механикалық қасиеттеріне плазмалық электролитпен беттік қатайтудың әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Сұйық тыңайтқыштарды өңдеуге және сынауға арналған қуыс аппликатор инелері диаметрі 20 мм 12X18H10T цилиндрлік болаттан жасалған. Аппликаторларда үлгінің айналу жылдамдығының беттік беріктіктің біркелкілігіне әсерін зерттеу бойынша эксперименттер жүргізілді. ЭПБҚ жұмысына қатысты бірқатар параметрлер үшін әр түрлі термиялық циклдік режимдердің құрылымдық, фазалық және механикалық қасиеттерін жақсартудың оңтайлы бағыттары анықталды. Қыздыру және аустениттің қалдық тұрақтылығына әкелді; ЭПБҚ - дан кейінгі максималды микроқаттылық бастапқы мәннен екі есе жоғары болды; ЭПБҚ -дан кейінгі максималды беттік микроқаттылық 887,13 HV-ге жетті. Үйкеліс сынақтарында ЭПБҚ -дан кейінгі үйкеліс коэффициенті екі есе өсті. Бұл нәтиже сонымен қатар тозудың төмендеуіне ықпал етеді.

**Түйін сөздер:** электролиттік-плазмалық беттік қатайту, абразивті тозу, микроқаттылық, тозуға төзу, рентгендік құрылымдық талдау.

#### **Кіріспе**

Ауылшаруашылық техникасын коррозиядан және тозудан қорғау маңызды және күрделі міндет болып табылады, ол машиналарды жасау кезінде де, оларды пайдалану, сақтау және жөндеу кезінде де көп материалдық шығындарды талап етеді [1-3]. Алайда, минералды тыңайтқыштарды қолдану машинасы тозуға бейім [4]. Бұл машиналардың бөлшектері минералды тыңайтқыштармен және металдың тозуын тудыратын абразивті топырақ бөлшектерімен байланыста болатын нақты жұмыс жағдайларымен түсіндіріледі.

Бүгінгі таңда ауылшаруашылық техникасы нарығы минералды тыңайтқыштарды қолдану үшін әртүрлі машиналардың жеткілікті мөлшерін ұсынады. Олардың ішінде ең перспективалы-тыңайтқыштарды оңтайлы орналастыратын айналмалы нүктелік инъекциялар арқылы сұйық минералды тыңайтқыштарды енгізу жүйелері [5-7]. Бұл жүйелер сұйық тыңайтқыштарды топыраққа дәл аралықта және белгілі бір тереңдікте енгізу үшін айналмалы дөңгелекке бекітілген шыбықтарды пайдаланады, тамырдың зақымдануы мен топырақтың бұзылуы аз. Тамыр аймағына ұрықтандыру жүйелері қоректік заттардың тиімділігін арттырады және өнімділікті арттырады [8].

Сұйық тыңайтқыштарды топыраққа нүктелік енгізу үшін агрегаттарды кеңінен қолдануға кедергі келтіретін мәселелердің бірі-тозуды кетіру үшін оның жұмыс бетінің бұзылуына байланысты осы құрылғының дөңгелектерінің инелерін (саптамаларын) жиі ауыстыру. Әдетте сұйық тыңайтқыштарды нүктелік қолдану қондырғысының доңғалақ инелері тот баспайтын болаттан, титан қорытпасынан және карбид-вольфрам ұшы бар тот баспайтын болаттан жасалады [9-11]. Карбид-вольфрам ұшы және титан қорытпасы бар тот баспайтын болаттан

жасалған доңғалақ инелермен салыстырғанда түрде ұзақ қызмет етеді, бірақ олар қымбат. Тот баспайтын болаттан жасалған инелердің құны салыстырмалы түрде төмен болғанына байланысты отандық ауылшаруашылық кәсіпорындары қондырғыларды кеңінен қолданады [12]. Бірақ, тот баспайтын болат 12X18H10T тыңайтқыштардың агрессивті құрамына және топырақтың абразивті бөлшектерін алып тастауға байланысты тозуға өте сезімтал.

Алайда, бөлшектердің тозуына қарсы тұру негізінен бетті өңдеуді қажет етеді. Бүгінгі таңда бетті өңдеудің ең перспективалы және өзекті технологияларының бірі электролиттік-плазмалық бетті қатайту (ЭПБҚ) деп санауға болады. Бұл әдіс бірнеше сағаттан бірнеше күнге дейін созылуы мүмкін дәстүрлі термиялық өңдеу процестерімен салыстырғанда әлдеқайда қысқа уақыт ішінде (бірнеше секунд) қажетті физика-механикалық қасиеттерді жақсартуға мүмкіндік беретіні дәлелденді [13].

Біздің алдыңғы жұмыстарымызда [14,15] көлемді және беттік термиялық өңдеудің орташа көміртекті болаттардың құрылымдық-фазалық күйіне әсері туралы салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Беттік шынықтыру электролиттік плазма әдісімен жүргізілді. Көлемді шынықтыру 900°C дейін қыздыру арқылы жүзеге асырылды, содан кейін су мен майға салқындатылды, ал кейбір шыңдалған үлгілер 510°C температурада күйдірілді. Бұл электролиттік плазманы қатайту әдісін пеште жылыту мен салқындатудың дәстүрлі әдісіне балама ретінде қарастыруға болатындығын дәлелдейді.

Авторлар жұмыста [16] көмертекті болатының электролиттік плазмалық термиялық өңдеу нәтижелерін ұсынды. Нәтижелер көміртекті болатының қаттылығы шамамен 250 HV<sub>0,2</sub>, ал бетті термиялық өңдеуден кейінгі қаттылық шамамен 1000-1050 HV<sub>0,2</sub> екенін көрсетеді. Өңделген үлгілер тозуға жақсы төзімділікті көрсетеді. Жабық аймақ босату аймағы болып табылады және сорбит пен босатылған мартенситтен тұрады. Сорбиттің қаттылығы мартенситке қарағанда айтарлықтай төмен. Осылайша, көмертекті болат үлгілерінің тозуға төзімділігі төмендейді. Осыған сүйене отырып, осы авторлардың нәтижелері ЭПБҚ физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартатынын және пайдалану жағдайында қызмет ету мерзіміне оң әсер ететінін растайды [17-19].

Механикалық қасиеттерді жақсарту үшін циклдік жылу әсерлерін қолдануға негізделген ЭПБҚ режимін әзірлеу ұсынылады. Алынған қатайту құрылымдары жоғары қаттылыққа, тозуға төзімділікке және жарыққа төзімділікке ие. Сондықтан, бұл жұмыста 12X18H10T болаттан жасалған сұйық тыңайтқыштарды қолдану үшін қуыс аппликатор инелерінің трибологиялық және механикалық қасиеттеріне ЭПБҚ әсері зерттелді.

### **Зерттеу әдістері**

ЭПБҚ зерттеу үшін материалы ретінде 12X18H10T болаттан 4 үлгі алынды. ЭПБҚ электролиттік-плазмалық өңдеу қондырғысында катодтық режимде жүзеге асырылды [20,21]. Қуат көзі қуатты түзеткіш болды, ол шығуда тұрақты ток түрінде 360V/100A максималды мән береді [22,23]. Натрий карбонатының ерітіндісі (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) қыздыру және салқындату көзі ретінде пайдаланылды. Электролит құрамы 80 % тазартылған су және 20 % натрий карбонаты (%масса). Кернеудің мәні (U, V) және өңдеу уақыты (t, c) әр үлгі үшін әр түрлі болды. Үлгілер 320V, 300V кернеулерінде қатайтылды. ЭПБҚ үшін үлгі режимдері №1 кестеде келтірілген. Процесс бірнеше дәйекті қадамдарды қоса ұйымдастырылды. Бірінші кезеңде бөлікке 320 В кернеу берілді, ол 2 секундқа созылды. Осыдан кейін 7 секунд ішінде бөлік кернеусіз қалды, бұл оның салқындауына мүмкіндік берді. Екінші және үшінші кезеңде сәл өзгеше болды: 300 В кернеуі 2 секундқа берілді, содан кейін осы сатылардың әрқайсысы 10 секундқа салқындату кезеңінде қарастырылды.

Үлгілерді зерттеу нәтижелері бойынша ең тиімді және табысты 3 режим болып табылады. Сондықтан, 12X18H10T болаттан жасалған диаметрі 20 мм цилиндр түріндегі сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған аппликатордың қуыс инелерін одан әрі өңдеу және сынау үшін 3 режим таңдалды. Қатаю процесінің біркелкілігін қамтамасыз ету үшін бүкіл процедуралық цикл кезінде бөлік сағат тілімен айналды. Жылдамдықтың әсерін анықтау үшін үлгілердің айналуы беттің біркелкі қатаюына минутына 4, 6 және 8 айналым жылдамдығымен үш аппликаторға эксперимент жүргізілді. Сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған ЭПБҚ аппликаторының режимдері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – ЭППУ үшін 12Х18Н10Т болат үлгілерінің режимдері

№	Режимдер	Электролит	Кернеу (U, В)	Ток (I, А)	Өңдеу уақыты (t, с)
1	1 Үлгі	20% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 80% тазартылған су	320	75	2 сек (қыздыру) – суыту
2	2 Үлгі		320 300	80	2 сек (қыздыру) – (7сек (суыту)) 2 сек (қыздыру) – суыту
3	3 Үлгі		320 300 300	80	2 сек (қыздыру) – (7 сек (суыту)) 2 сек (қыздыру) – (10 сек (суыту)) 2 сек (қыздыру) – (суыту)
4	4 Үлгі		320	75	3 сек (қыздыру) – суыту

Кесте 2 – Сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған аппликатор инесінің ЭПБҚ үлгілерінің режимдері

№	Режимдер	Электролит	Кернеу (U, В)	Ток (I, А)	Өңдеу уақыты (t, с)	Үлгінің айналу жылдамдығы, айн/мин
1	Үлгі 1	20% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 80% тазартылған су	320 300 300	80	2 сек (қыздыру) – 7 сек (суыту) –	4
2	Үлгі 2				2 сек (қыздыру) – 10 сек (суыту) –	6
3	Үлгі 3				2 сек (қыздыру) – суыту	8

Рентгендік фазалық талдау Xpert Pro PANalytical құрылғысында жүргізілді. Зерттеу барысында анодты мыс түтікке кернеу 40 кВ және ток 30 мА, си-К $\alpha$  сәулеленуі ( $\lambda = 1,541 \text{ \AA}$ ) 10 нан 70 градусқа дейін, түсіру қадамы 0,02 және санау уақыты 0,5 с/қадам болды. Алынған дифрактограмма сызықтары бойынша фазалық талдау HighScore Plus және Match 3 қосымша бағдарламалық кешенінің көмегімен жүргізілді. Үлгілерді дайындау, түсіру режимдерін таңдау және дифрактограммаларды есептеу жұмыста көрсетілген әдістерге сәйкес жүргізілді [24].

Беткі қабаттың тозуға төзімділігі беріктендіру абразивті тозу процесінде уақыт бірлігінде массаның азаюы ретінде анықталды. Сынақтар жұмыста сипатталған әдісті қолдана отырып, абразивті тозуға арналған қондырғыда жүргізілді [25]. Сынақ шарттары: жүктеме 44 Н, ұстау уақыты 10 мин., абразивті материал – <100 мкм түйіршікті корунд ұнтағы.

Үйкеліс коэффициенті TRB3 әмбебап трибометрінде (Anton Paar, Австрия) «шар-диск» үйкеліс схемасы бойынша бөлме температурасында 0,05 м/с сызықтық жылдамдықпен қарсы корпустың болат жазықтығында майлаусыз үлгілерді сырғыту арқылы анықталды  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . тік жүктеме 10Н. Қарсы корпустың материалы – 100 Cr6. Сыналатын материалдардың үйкеліс коэффициенті (L) 100 м-ге тең үйкеліс жолынан өткеннен кейін анықталды [26]. Тозу іздері мен кедір-бұдырлық SurfTest 410 моделінің Mitutoyo профилімен зерттелді.

Қаттылық пен серпімділік модулін анықтау DIN EN ISO 14577-1 стандартының талаптарына сәйкес FISCHERSCOPE HM2000 с өлшеу жүйесін қолдана отырып жүргізілді. Сынақ нәтижелерін өңдеу win-hsu құралының бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүзеге асырылды. Тән параметр ретінде Мартенс қаттылығы (НМ) таңдалды, ол келесі (1) формула бойынша есептелді [27].

$$HM = \frac{F}{A_s(h)} \quad (1)$$

мұндағы,  $HM$  – Мартенс қаттылығы,  $[N/mm^2]$ ;  $F$  – сынақ жүктемесі,  $[N]$ ;  $A_s$  – индентордың көлденең қимасының ауданы,  $[mm^2]$ ;  $h$  – индентордың ену тереңдігі,  $[mm]$ . Қаттылықты анықтау үшін сынақ кезінде 1000 мН жүктеме және 20 с экспозиция уақыты пайдаланылды. Әрбір үлгі үшін он сынақ жүргізілді және алынған мәндер соңғы мәнді алу үшін орташаланған.

Үлгілердің микроқаттылығы Металаб 502 құралында Викерс әдісімен анықталды [18]. Өлшеу параметрлері: жүктеме 20 г, ұстау уақыты 10 с. Микроқаттылық (2) формула бойынша есептеледі:



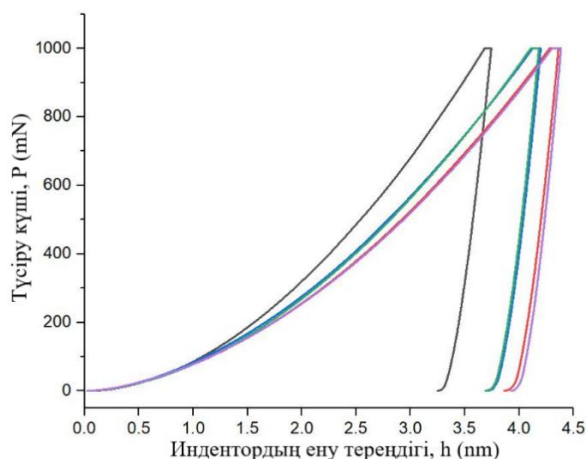
$$HV = \frac{1.854P}{d^2} \quad (2)$$

мұндағы  $P$  – қолданылатын жүктеме (кгс),  $d$ -индентордың орташа диагоналы (мм).

### Зерттеу нәтижелері

1.1 ЭПБҚ ға дейін және кейін 12X18H10Т болаттың механикалық және трибологиялық қасиеттерін зерттеу

Микроқаттылық пен Юнг модулін өлшеу әдістемесі шегініс тереңдігі мен жанасу аймағының қолданылатын күшке эксперименттік тәуелділігін сипаттайтын қадамдық функцияның параметрлерін таңдау және осы мәліметтерге сәйкес қаттылық пен серпімділік модулін есептеу болып табылады [28].

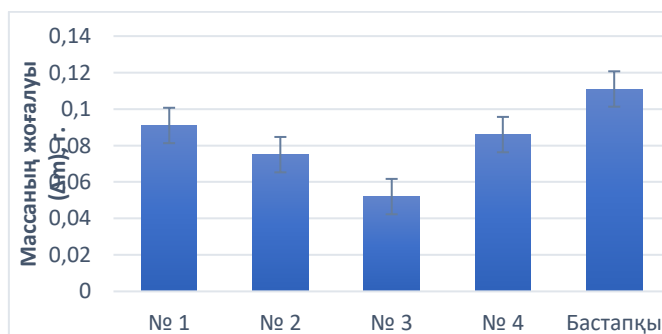


1 сурет – P-h-диаграмма. 12X18H10Т болат үлгілері үшін индентордың ену тереңдігіне қалыпты күштің тәуелділік қисықтары: №1-№4 режимдер бойынша ЭПБҚ

Кесте 3. Fischerscope HM2000 S индентормен өлшенген 12X18H10Т ЭПБҚ болатының қаттылығы

Режимдер	Мартенс бойынша қаттылық, МПа	Серпімділік модулі, ГПа
№ 1	2016,5	174,0
№ 2	2173,2	182,1
№ 3	2191,0	185,9
№ 4	1995,2	189,6

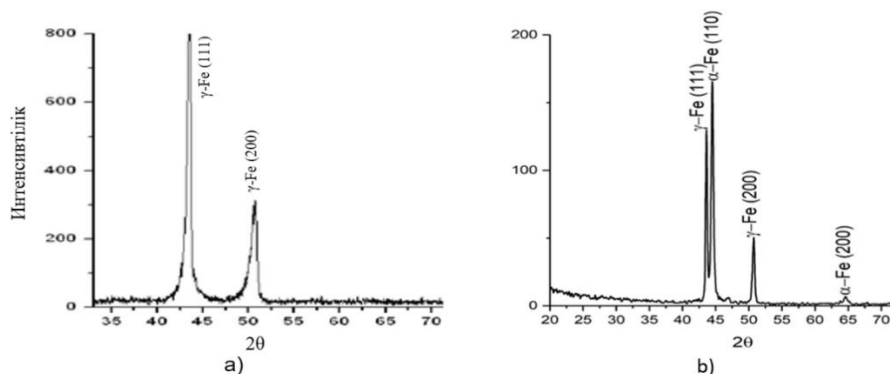
Осы эксперименттегі үлгілерінің жоғары қаттылығы тозу бетінің деформация тереңдігін айтарлықтай шектейді, бұл үйкеліс коэффициенттерінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі [29]. Алынған мәндерін салыстыра отырып, үлгі бетінің қаттылығы неғұрлым төмен болса, материалдың айқын деформациясына әкеледі деп айтуға болады.



2 сурет – 12X18H10Т болат үлгілерінің абразивті тозуы: ЭПБҚ-дан кейін режимдер бойынша № 1, № 2, № 3, № 4 және бастапқы үлгі

Алынған мәліметтерге сүйене отырып, келесі заңдылықтарды анықтауға болады. Көріп отырғаныңыздай, 3a суретте 12X18H10Т болат үлгісінің бастапқы құрылымы аустениттік ( $\gamma$ ) фазалар болып табылады. 3b суретте сынақ нәтижелері бойынша ең қатты үлгі ретінде

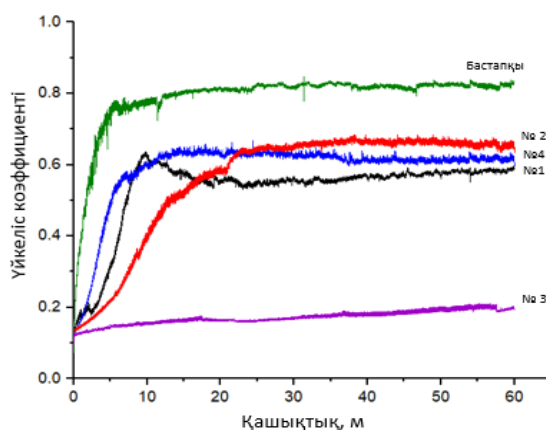
таңдалған № 3 үлгінің рентгендік фазалық талдауының нәтижелері көрсетілген. Жүргізілген рентгендік фазалық талдау ЭПБҚ-дан кейін беткі қабатта негізінен аустенит ( $\gamma$ -Fe) және феррит ( $\alpha$ -Fe) бар екенін көрсетті. Аустенит ҚОК құрылымына, ал феррит КОК құрылымына ие. Жаңа фазалардың пайда болуын Fe-C күй диаграммасынан түсіндіруге болады. Аустенит фазасының болуы қыздыру температурасының жоғарылауымен байланысты болуы мүмкін, өйткені карбид фазалары толығымен ериді және бұл өз кезегінде қалдық аустениттің тұрақтылығына әкеледі. [30] сәйкес, ЭПБҚ кезінде салқындату жылдамдығы жоғары болуынан 10%- дан 45%-ға дейін феррит фазалары түзіледі.



3 сурет – 12X18H10T үлгілерінің рентгендік фазалық талдауы: а) бастапқы үлгі, б) № 3 режим бойынша үлгі

Электр потенциалының үзіліссіз қосылуы мерзімді ұлғаюына әкеледі және қыздыру жылдамдығының өсуін тұрақтандырады немесе баяулатады, содан кейін уақытты ұзартуға және қалың қыздырылған қабат алуға мүмкіндік береді [29]. Қабаттың қалыңдығы көлденең қимада оптикалық микроскоптың көмегімен өлшенді, оған сәйкес жабынның орташа қалыңдығы 885 мкм құрайды.

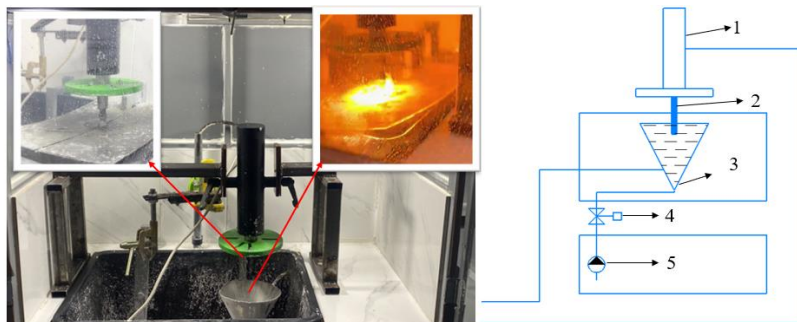
Әр түрлі термиялық цикл жағдайында үлгілердің сырғанау үйкеліс коэффициенттері 4 суретте көрсетілген. Зерттеулер көрсеткендей, ЭПБҚ үлгісінен кейін үйкеліс коэффициенті төмендейді. Егер бастапқы күйінде үйкеліс коэффициенті  $\sim 0,8$  болса, онда ЭПБҚ-дан кейін ол 0,17-ге дейін төмендейді. Үйкеліс коэффициентінің төмендеуі тозудың төмендеуін сипаттайды. Бұл деректер [31] жұмысында алынған мәліметтерге ұқсас, мұнда үлгілер Рингер ерітіндісінде тозуға сыналған. Авторлар ЭПБҚ үйкеліс коэффициентінің айтарлықтай төмендеуіне әкелетінін көрсетті. Бұл көрсеткіш өңделмеген үлгілерге қарағанда бірнеше есе аз.



4 сурет – 12X18H10T болат үлгілерінің үйкеліс коэффициенті: ЭПБҚ дан кейін режимдер № 1, № 2, № 3, № 4 және бастапқы үлгі

Аппликаторларды қатайту процесі үшін MINI-15 дәнекерлеу роторына негізделген құрылғы арнайы әзірленді және жасалды, онда аппликаторлар сенімді және ыңғайлы түрде

бекітіледі (5 суретті қараңыз). Бұл құрылғы түпкілікті өнімнің сапасын жақсартуға ықпал ететін қатайту операцияларын жүргізу кезінде оңтайлы жағдайларды қамтамасыз етуге арналған. Мұндай құрылғы қатайту процесі кезінде аппликатордың дұрыс орналасуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде материалдың деформациясы немесе зақымдану қаупін болдырмай, әр аппликатордың бүкіл бетіне температураның біркелкі таралуына кепілдік береді. Аппликаторды құрылғыға бекіту олардың сенімді бекітілуін қамтамасыз ететіндей және термиялық өңдеу кезінде орын ауыстыру немесе құлау мүмкіндігін болдырмайтындей етіп жүргізіледі.

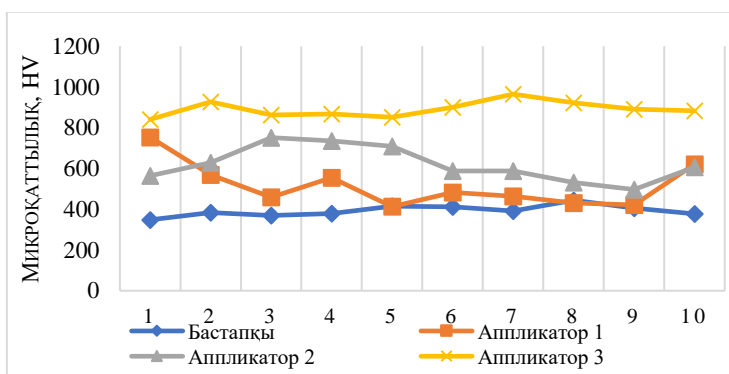


1-үлгіні айналдырғыш, 2-аппликатор, 3 – электролиттік ұяшық, 4 – түзеткіш клапаны, 5-сорғы.

5 сурет – Инені бекітуге арналған құрылғы (сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған аппликаторлар)

### 1.2. ЭПБҚ-дан кейін сұйық тыңайтқыштарды қолдану үшін аппликатордың болат инелерінің микроқаттылығын зерттеу

Нәтижелерді талдай отырып және оларды өңдеуден бұрын иненің сипаттамаларымен салыстыра отырып, микроқаттылықтың минутына 8 айналымда бетке таралуы біртекті және біркелкі болады деген қорытынды жасалды (6 сурет), сонымен қатар микроқаттылықтың мәні бастапқы үлгіге қарағанда шамамен 1,5-2 есе жоғары HV.



6 сурет – Сұйық тыңайтқыштарды қолдануға арналған аппликатор инелерінің микроқаттылығы, режим бойынша алынған үлгілер және бастапқы үлгі

№ 1 және № 2 үлгілердің микроқаттылығы тең емес және кейбір нүктелерде өлшеу қаттылықтың күрт төмендеуі немесе жоғарылауы байқалады. Біздің ойымызша, бұл айналу айналымына байланысты, айналым неғұрлым көп болса, аппликаторлардың бетіндегі микроқаттылықтың таралуындағы бұзушылықтар соғұрлым аз болады. Орташа алғанда, модификацияланған бетінің микроқаттылығы ~ 650 HV-ге жетті, максималды мән 887,13 HV №3 үлгі режиміне тән. Бастапқы үлгінің бетінің микроқаттылығы 392,32 HV құрады.

#### Қорытынды

Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша егістік жағдайында сынақтарды қолдану және сұйық тыңайтқыштарды енгізуге арналған аппликатор инелерінің перспективаларын анықтау туралы келісім жасалды.

Термоциклдің әртүрлі режимдеріндегі ЭПБҚ зерттеулеріне байланысты көптеген параметрлер бойынша жақсартылған құрылымдық-фазалық және механикалық қасиеттері бар № 3 үлгі оңтайлы режим болып саналады.

ЭПБҚ нәтижесінде үлгілер бетінің фазалық құрамы аустенит ( $\gamma$ -Fe) және феррит ( $\alpha$ -Fe) болуымен сипатталатыны анықталды. ЭПБҚ нәтижесінде бетті қатайту үшін қыздыру қалдық аустениттің тұрақтылығына әкелді.

Беттің микроқаттылығының жоғарылауы байқалды, оның максималды мәні 887,13 HV-ге жетеді, бұл №3 үлгі режиміне сәйкес келеді. ЭПБҚ -дан кейінгі микроқаттылықтың максималды мәні бастапқы мәнмен салыстырғанда 2 есе көп екендігі анықталды.

Сондай-ақ, үйкеліс сынақтары кезінде ЭПБҚ-дан кейін үйкеліс коэффициентінің 0,17-ге дейін төмендеуі анықталды, ол бастапқы күйінде  $\sim 0,8$  болды. Бұдан шығатыны, бұл нәтиже өз кезегінде тозуды азайтуға көмектеседі.

Сұйық тыңайтқыштарды қолдану үшін қолданылатын агрегаттардың аппликаторларын қатайтуға бағытталған эксперименттер авторлар ұжымы немесе зертхананың ғылыми тобы өз дизайны мен өндірісінің ЭПБҚ мамандандырылған қондырғысында сәтті орындалды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Agricultural Machinery Corrosion / E.M. Gamal et al // Publisher: Intech Open 2023. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.108918>.
2. Sobirjonov A. Prevention of corrosion and accelerated wear of agricultural machinery / A. Sobirjonov, Z.X. Alimova, G.P. Niyazova // Elementary Education Online. – 2021. – Vol 20, Issue 5. – P. 7482-7486. DOI: <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2021.05.848>.
3. Mukesh J. Application of nanotechnology in farm power, machinery and operations: A review. / J. Mukesh, C. Swapnil, K. Vinod. // Agricultural Engineering Today. – 2021. – Volume 45, Issue 4. DOI: <https://10.52151/aet2021454.1541>.
4. V.P. Zabrodin. Analysis of factors influencing wear of working surfaces of mineral fertilizer distributors / Zabrodin V.P. // Mechanization and electrification of animal husbandry, crop production. – 2013. – № 4(24). – P. 44-48.
5. Laguë C. Engineering of land application systems for livestock manure: A review. / C. Laguë, H. Landry, M. Roberge. // Canadian biosystems engineering. – 2005. – Vol. 47. – P. 6-28.
6. Review of Two Mechanical Separation Technologies for the Sustainable Management of Agricultural Phosphorus in Nutrient-Vulnerable Zones / G.A. Lyons et al // Agronomy. – 2021. – № 11. P. 836. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050836>
7. Design considerations of variable rate liquid fertilizer applicator for mature oil palm trees. Precision Agriculture / M. Yamin et al // Published. – 2022. – Vol. 23. – P. 1413-1448.
8. Thorup-Kristensen K. Root system-based limits to agricultural productivity and efficiency: the farming systems context / K. Thorup-Kristensen, J. Kirkegaard // Annals of Botany. – 2016. – Vol. 118. – P. 573-592. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw122>.
9. Design and Experiment of a Targeted Variable Fertilization Control System for Deep Application of Liquid Fertilizer / W. Zhou et al // Agronomy. – 2023. № 13. P. 1687. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071687>.
10. Liu H. Accelerate the process of intelligent agricultural machinery / H. Liu // Contemp. Farm Mach. – 2022. № 7. [Google Scholar].
11. Experimental Investigation on Tribological Behaviour of Various Processes of Anodized Coated Piston for Engine Application / M. Meikandan et al // Journal of Nanomaterials. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7983390>.
12. Theoretical and experimental investigation of multiplayer (TiAlSiY)N/CrN coating before and after gold ions implantation / O.V. Maksakova et al // High Temperature Material Processes. – 2021. – № 1, Vol. 25. – P. 57-70.
13. Dudkina N.G. Surface layer of 40Kh steel after electromechanical treatment with dynamic force impact. / N.G. Dudkina, V.N. Arisova // Izv. Ferr. Metall. – 2021. – № 64. P. 259-265.
14. Investigation on the effect of technological parameters of electrolyte-plasma cementation method on phase structure and mechanical properties of structural steel 20X / B. Rakhadilov et al // AIMS Materials Science/ – 2023/ – Vol. 10, Issue 5. P. 934-947. DOI: <https://doi.org/10.3934/matetsci.2023050>.
15. Surface modification of coatings based on Ni-Cr-Al by pulsed plasma treatment / D. Yeskermessov // AIMS Materials Science. – 2023. – Vol. 10, Issue 5. – P. 755-766. DOI: <https://doi.org/10.3934/matetsci.2023042>.

16. Bayati M.R. Surface alloying of carbon steels from electrolytic plasma / M.R. Bayati, R. Molaei, K. Janghorban // *Met. Sci. Heat Treat.* – 2011. № 53. P. 91-94.
17. Ayday A. The effects of overlapping in electrolytic plasma hardening on wear behavior of carbon steel / A. Ayday, D. Kirsever, A.S. Demirkiran // *Trans. Indian Inst. Met.* – 2022. – № 75. P. 27-33.
18. A Study on Surface Hardening and Wear Resistance of AISI 52100 Steel by Ultrasonic Nanocrystal Surface Modification and Electrolytic Plasma Surface Modification Technologies. N. Magazov et al // *Materials.* – 2023. № 16. P. 6824. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma16206824>.
19. Dayançça A. The cathodic electrolytic plasma hardening of steel and cast iron based automotive camshafts / A. Dayançça, B. Karaca, L.C. Kumruoglu // *Acta Phys.* – 2017. – № 131. P. 374-378.
20. The cathodic electrolytic plasma hardening of the 20Cr2Ni4A chromium-nickel steel / B.K. Rakhadilov et al // *Journal of Materials Research and Technology.* – 2020. – № 9. – P. 6969-6976.
21. Structural and phase transformations in 0.3C-1Cr-1Mn-1Si-fe steel after electrolytic plasma treatment / E. Kozlov // *AIP Conf. Proc.* – 2016. – № 1783(1)020112.
22. Change of 0.34Cr-1Ni-Mo-Fe steel dislocation structure in plasma electrolyte hardening / B. Rakhadilov et al // *Materials.* – 2021. – № 14. P. 1928. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed].
23. Rakhadilov, B. Creation of bioceramic coatings on the surface of ti-6al-4v alloy by plasma electrolytic oxidation followed by gas detonation spraying / B. Rakhadilov, D. Baizhan // *Coatings.* – 2021. – № 11. P. 1433. [Google Scholar] [CrossRef].
24. Influence of Diabase Filler on the Structure and Tribological Properties of Coatings Based on Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene / M. Skakov et al // *Polymers.* – 2023. № 15. P. 3465. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15163465>.
25. Rakhadilov B.K. HVOF technology application for wear resistant WC coatings – review / Rakhadilov B.K., Muktanova N., Zhurerova L.G. // *Bulletin of the NNC RK.* – 2023. – Vol. 1. – P. 4-14. DOI: <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-1-4-14>.
26. Change of structure and mechanical properties of R6M5 steel surface layer at electrolytic-plasma nitriding / M. Skakov et al // *Advanced Materials Research.* – 2014. – Vol. 1040. – P. 753-758. DOI: [201410.4028/www.scientific.net/AMR.1040.753](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.753).
27. Martens Hardness of CAD/CAM Resin-Based Composites / M. Rosentritt et al // *Appl. Sci.* – 2022. – № 12. P. 7698. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12157698>.
28. Investigation of Changes in the Structural-Phase State and the Efficiency of Hardening of 30CrMnSiA Steel by the Method of Electrolytic Plasma Thermocyclic Surface Treatment // B.D. Rakhadilov et al // *Coatings.* – 2022. № 12. P. 1696. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings12111696>.
29. Modification of the Surface of 40 Kh Steel by Electrolytic Plasma Hardening / Z. Sagdoldina et al // *Metals.* – 2022. № 12. – P. 2071. DOI: <https://doi.org/10.3390/met12122071>.
30. Проскураков В.И. Разработка технологии тонкослойной лазерной модификации хромоникелевой стали 12X18H10T / В.И. Проскураков, И.В. Родионов // *Инженерные науки.* – 2022. – № 3. DOI: <https://doi.org/10.21685/2072-3059-2022-3-9>.
31. Characteristics of a Plasma Electrolytic Nitrocarburising Treatment for Stainless Steels / X. Nie et al // *Surface and Coatings Technology.* – 2001.– Vol. 139. – P. 135-142.

**Б.К. Рахадиллов<sup>1,2</sup>, М.Б. Баяндинова<sup>2\*</sup>, А. Маулит<sup>2,3</sup>, Р. Кусаинов<sup>3</sup>, Б. Азаматов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова,  
070018, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34

<sup>2</sup>ЖШС «PlasmaScience»,  
070018, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, Усть-Каменогорская городская администрация,

<sup>3</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>4</sup>Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,  
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19

\*e-mail: [shohmanova\\_m@mail.ru](mailto:shohmanova_m@mail.ru)

## **ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЬНОГО АППЛИКАТОРА ДЛЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ**

*По результатам этого исследования был заключен контракт на проведение испытаний, определение перспектив применения игольчатых аппликаторов для внесения жидких удобрений в полевых условиях. В работе представлены результаты исследования влияния поверхностного*

упрочнения плазменным электролитом на трибологические и механические свойства полых игл-аппликаторов для внесения жидких удобрений из стали 12X18H10T. Полые иглы-аппликаторы для обработки и тестирования жидких удобрений были изготовлены из цилиндрической стали 12X18H10T диаметром 20 мм. На аппликаторах были проведены эксперименты по исследованию влияния скорости вращения образца на равномерность поверхностного упрочнения. Для ряда параметров, имеющих отношение к работе ЭППУ, были определены оптимальные области улучшения структурных, фазовых и механических свойств при различных режимах термоциклирования. Нагрев и привел к остаточной стабильности аустенита; максимальная микротвердость после ЭППУ вдвое превышала исходное значение; максимальная поверхностная микротвердость после ЭППУ достигла 887,13 HV. При испытаниях на трение коэффициент трения после ЭППУ увеличился вдвое. Этот результат также способствует снижению износа.

**Ключевые слова:** электролитно-плазменное поверхностное упрочнение, абразивный износ, микротвердость, износостойкость, рентгеноструктурный анализ.

**B.K. Rakhadilov<sup>1,2</sup>, M.B. Bayandinova<sup>2\*</sup>, A. Maulit<sup>2,3</sup>, R. Kusainov<sup>3</sup>, B. Azamatov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>S. Amanzholov East Kazakhstan University

070018, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 30th Guards Division str., 34

<sup>2</sup>ZSHS «Plasma Science»,

070018, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Ust-Kamenogorsk city administration,

<sup>3</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

<sup>4</sup>D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,

070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 19

\*e-mail: shohmanova\_m@mail.ru

## ELECTROLYTE-PLASMA SURFACE HARDENING OF STEEL APPLICATOR FOR LIQUID FERTILISERS

*Based on the results of this study, a contract was concluded to test and determine the prospects of application of needle applicators for liquid fertiliser application in field conditions. The paper presents the results of investigation of the influence of surface hardening by plasma electrolyte on tribological and mechanical properties of hollow needle applicators for liquid fertiliser application made of 12Kh18N10T steel. The hollow needle applicators for liquid fertiliser handling and testing were made of cylindrical 12Kh18N10T steel with a diameter of 20 mm. Experiments were conducted on the applicators to investigate the effect of sample rotation speed on the uniformity of surface hardening. For a number of parameters relevant to the electrolyte-plasma surface hardening (EPSH) performance, the optimum areas of improvement of structural, phase and mechanical properties under different thermocycling regimes were determined. Heating and resulted in residual austenite stability; the maximum microhardness after EPSH was two times higher than the initial value; the maximum surface microhardness after EPSH reached 887.13 HV; In friction tests, the coefficient of friction after EPSH doubled. This result is also favourable to wear reduction.*

**Key words:** electrolyte-plasma surface hardening, abrasive wear, microhardness, wear resistance, X-ray diffraction analysis.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Бауыржан Корабаевич Рахадиллов** – PhD, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің ғылыми жұмыс жөніндегі проректор, Өскемен қ., Қазақстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

**Молдир Болеухановна Баяндинова\*** – ЖШС «PlasmaScience», аға ғылыми қызметкері; e-mail: shohmanova\_m@mail.ru.

**Алмасбек Маулит** – Семей қ. Shakarim University, Техникалық физика және жылу энергетикасы кафедрасының докторанты, e-mail: maulit.almas@gmail.com.

**Ринат Кусаинов** – Семей қ. Shakarim University, Материалдар бетін модификациялау ғылыми орталығының жетекшісі; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

**Багдат Азаматов** – PhD, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ, «Smart engineering» құзыреттер орталығының басшысы. e-mail: Azamatovy@mail.ru.

### Сведения об авторах

**Бауыржан Корабаевич Рахадиллов** – PhD, Проректор по научной работе Восточно-Казахстанского университета им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

**Молдир Болеухановна Баяндинова\*** – старший научный сотрудник, ТОО «PlasmaScience»; e-mail: shohmanova\_m@mail.ru.

**Алмасбек Маулит** – докторант кафедры технической физики и теплоэнергетики, Shakarim University г. Семей; e-mail: maulit.almas@gmail.com.

**Ринат Кусаинов** – Руководитель научного центра Модификации поверхности материалов Shakarim University г.Семей; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

**Багдат Азаматов** – PhD, Руководитель центра компетенций «Smart engineering», ВКТУ им. Д. Серикбаева; e-mail: Azamatovy@mail.ru.

#### Information about the authors

**Bauyrzhan Korabaevich Rakhadilov** – PhD, Vice-rector on scientific work of Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

**Moldir Boleukhanovna Bayandina\*** – Senior Researcher, «PlasmaScience» Ltd.; e-mail: shohmanova\_m@mail.ru.

**Almasbek Maulit** – doctoral student of the Department of Technical Physics and Heat Power Engineering, SHAKARIM UNIVERSITY Semey city; e-mail: maulit.almas@gmail.com.

**Rinat Kusainov** – Head of Scientific Centre of Surface Modification of Materials Shakarim University Semey city; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

**Bagdat Azamatov** – PhD, Head of Competence Centre «Smart engineering», Daulet Serikbayev East Kazakhstan Technical University; e-mail: Azamatovy@mail.ru.

Редакцияға енуі 08.04.2024

Өңдеуден кейін түсуі 21.05.2024

Жариялауға қабылданды 23.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-41

MPHTI: 55.39.41



**М.В. Ермоленко\*, А.М. Советказыева**

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А,  
\*e-mail: tehfiz@mail.ru

## АНАЛИЗ ЦИКЛА ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТАХ

**Аннотация:** В настоящее время все больше внимания уделяют проблеме эффективного применения озонобезопасных холодильных агентов, применяемых в циклах пароконденсационных холодильных машин. Это стало особенно важно, когда ряд озонобезопасных холодильных агентов имеют большой индекс глобального потепления, что в последнее время является неприемлемым в отношении окружающей среды во всем мире. Поэтому проведение исследований по оценке эффективности применения новых холодильных агентов в результате замены одних холодильных агентов на другие является актуальной задачей. При этом необходимо постараться сохранить то же оборудование, что было до замены рабочего вещества. В связи с этим обоснованная эффективность работы пароконденсационных холодильных машин при замене фреонов являются неотъемлемой составляющей модернизации холодильных систем. В данной работе представлено исследование эффективности работы пароконденсационных одноступенчатых циклов холодильных машин при работе на разных холодильных агентах. Термодинамическая оценка различных озонобезопасных холодильных агентов проводилась в сравнении с запрещенным озоноразрушающим холодильным агентом – дихлордифторметан. В ходе проведенного исследования были определены холодопроизводительность и эффективная мощность холодильного цикла для рассматриваемых холодильных агентов. Проведена оценка величины холодильного агента и степени совершенства циклов для разных холодильных агентов. Определена удельная объемная холодопроизводительность исследуемых холодильных агентов для рассматриваемого цикла и параметров.

В результате проведенных исследований был рекомендован наиболее целесообразный холодильный агент для замены при исследуемых параметрах и цикла холодильной машины.

**Ключевые слова:** цикл холодильной машины, холодильный агент, холодильный коэффициент, холодопроизводительность, эффективная мощность, термодинамическое совершенство, удельная объемная холодопроизводительность, термодинамический анализ.

## **Введение**

Получение искусственного холода для охлаждения различных тел до температуры ниже температуры окружающей среды играет важную роль во многих отраслях производства. Очень широко искусственный холод используется в химической и пищевой промышленности, а также для создания искусственного климата в закрытых помещениях (кондиционирование воздуха). Более распространенный способ получения низких температур для промышленности основан на использовании парокомпрессионных холодильных машин. Эти машины осуществляют перенос теплоты от охлаждаемых тел с низкой температурой к окружающей среде с более высокой температурой за счет затрат энергии в компрессоре. Для сокращения затрат энергии на получение искусственного холода, надо не только правильно подобрать конструктивные параметры холодильной машины и холодильной установки в целом, но и обеспечить оптимальные режимы ее эксплуатации. Для этого необходимо понимать физические принципы получения низких температур, знать устройство и особенности рабочих циклов холодильных машин и уметь оценивать влияние различных факторов на энергетическую эффективность этих машин [1-3].

Рабочее вещество, циркулируя по системе, совершает обратный цикл и меняет свое агрегатное состояние от сухого насыщенного или перегретого пара до жидкого состояния. Проблема разрушения озонового слоя Земли привела к необходимости замены в холодильных установках хладагентов семейства хлорфторуглеводородов веществами с нулевым озоноразрушающим потенциалом. Обязательства Монреальского протокола в совокупности с его последующими дополнениями, вводят запрет на использование хладагентов с высоким парниковым эффектом [4-8].

В настоящее время важным приоритетом Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан является снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет внедрения энергосберегающих технологий и оборудования. Исходя из этого, основными приоритетами научно-технической политики по разработке новых энергосберегающих технологий и оборудования является применение новых озонобезопасных холодильных агентов с повышенными экологическими требованиями. Особенно это важно при переводе оборудования со старых холодильных агентов на новые. При этом важно знать, насколько эффективно будет работать система в целом.

Целью проведенного исследования было сравнительный анализ эффективности использования холодильных агентов в цикле одноступенчатой холодильной установки.

Объектом исследования являлись холодильные агенты применяемые в цикле одноступенчатой машины.

## **Методы исследования**

Для нахождения термодинамических параметров рабочего вещества в узловых точках в термодинамической диаграмме строятся циклы, число которых соответствует числу выбранных температур кипения, интервал между которыми не должен превышать  $(5 \div 10)^\circ\text{C}$  (рис. 1). Перегрев рабочего вещества при всасывании в компрессор для регенеративного цикла принимается в пределах  $(15 \div 20)^\circ\text{C}$ , а переохлаждение рабочего вещества при выходе из конденсатора определяется из теплового баланса регенеративного теплообменника.

Оценка эффективности хладагента производится на основе сравнительного анализа параметров модельного одноступенчатого цикла парокомпрессионной холодильной установки для различных хладагентов таких как R32, R407A, R410a, R600a и R12, взятый для сравнения. Фреон R12 запрещён Монреальским протоколом, но широко применялся ранее, который был заменен хладагентом R134a, который в последнее время не проходит по парниковому эффекту.



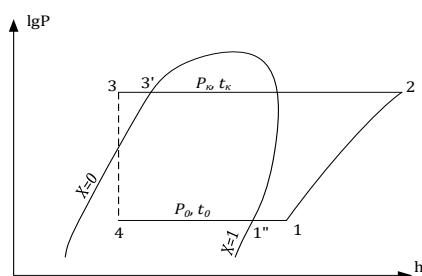


Рисунок 1 – Цикл для расчёта характеристик холодильного поршневого компрессора

Расчёт основных характеристик одноступенчатой парокompрессионной холодильной машины проводился для температуры конденсации +30°C (303,15 K) [9, 10]. Температура кипения варьировалась от 20°C до минус 40°C с шагом в 10°C. Параметры узловых точек циклов определяли при помощи программ CoolPack и Solkane 8. Результаты экспериментов были обработаны на ПЭВМ с помощью программы Excel.

Степень термодинамического совершенства цикла холодильной машины определяли путем сравнения его холодильного коэффициента с холодильным коэффициентом обратного цикла Карно:

$$\eta = \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_K} < 1, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_e$  – эффективный холодильный коэффициент;  
 $\varepsilon_K$  – холодильный коэффициент обратного цикла Карно.

### Результаты исследований

В результате проведенных исследований были получены характеристики компрессора по холодопроизводительности и мощности (рис. 2, 3). На рисунках 3-5 представлена зависимость холодильного коэффициента и степени совершенства от температуры кипения холодильного агента соответственно.

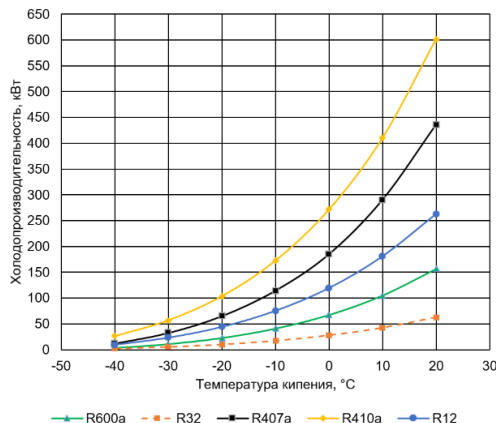


Рисунок 2 – Зависимость холодопроизводительности от температуры кипения

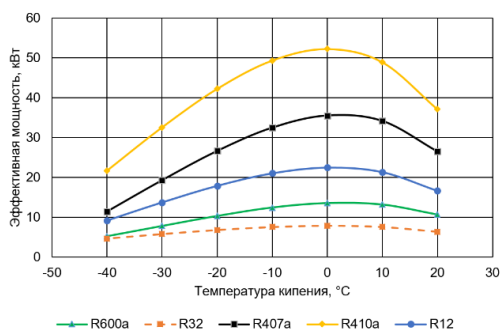


Рисунок 3 – Зависимость эффективной мощности от температуры кипения

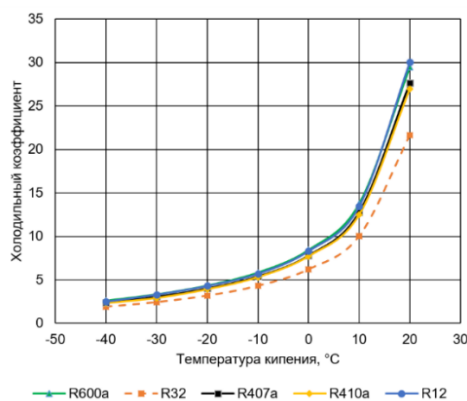


Рисунок 4 – Зависимость холодильного коэффициента от температуры кипения

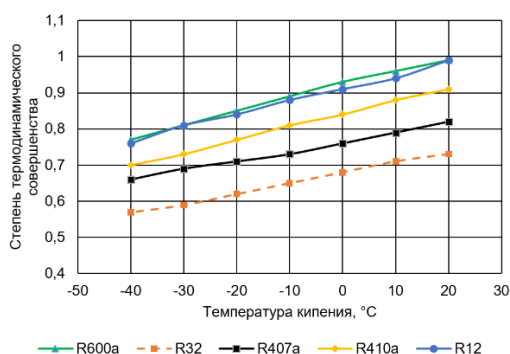


Рисунок 5 – Зависимость степени термодинамического совершенства от температуры кипения

Так как для одноступенчатого сжатия наиболее предельно допустимой температурой кипения является минус 20°C, то для этих условий было проведено сравнение термодинамических циклов (рис. 6).

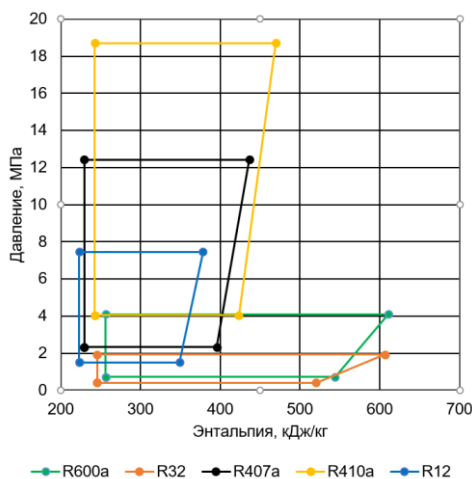


Рисунок 6 – Термодинамические циклы для температуры кипения минус 20°C

Важным свойством холодильного агента является удельная объемная холодопроизводительность, которая характеризует объем засасываемого пара в компрессор. Чем она больше для поршневых компрессорных машин, тем меньше объем засасываемого компрессором пара и, следовательно, размеры цилиндров компрессора. Сравнительный анализ удельных объемных холодопроизводительностей приведен на рисунке 7.

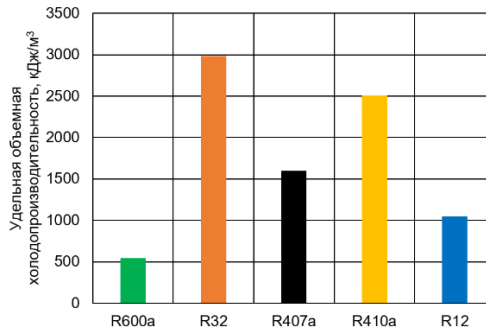


Рисунок 7 – Изменение удельной объемной холодопроизводительности

### Обсуждение научных результатов

Как видно из рисунка 2 холодопроизводительность увеличивается с ростом температуры кипения холодильного агента. При этом по сравнению с R12 данный показатель больше для холодильных агентов R410a и R407a, а для R600a и R32 он ниже. Эта же закономерность наблюдается и для показателя мощности (рис. 3). Исходя из этого при ретрофите холодильной системы с R12 на R600a и R32 необходима замена компрессора с большей производительностью. Применение R410a невозможно в данном случае, так как это газ высокого давления и требователен к герметичности системы. Хладон R407a по данным показателям является подходящим для ретрофита.

Анализ полученных данных зависимости холодильного коэффициента от температуры кипения (рис. 4) показал, что с ростом температуры наблюдается увеличение холодильного коэффициента, причем резкое возрастание наблюдается с температуры 0 °С. Значения холодильного коэффициента для всех холодильных агентов находится примерно в одинаковом диапазоне. Несколько отличается только R32.

Из анализа данных на рисунке 5 видно, что чем выше температура кипения тем больше коэффициент совершенства. При чем более близким к R12 является R600a. Для других холодильных агентов наблюдается снижение данного показателя.

При одинаковой температуре кипения существует связь между формой и площадью цикла, т. е. работой цикла (рис. 6). Так, для хладагента R410a, наблюдается наибольшая площадь. Наибольшее приближение к R12 наблюдается для холодильного агента R407a. Для холодильных агентов R600a и R32 циклы имеют вытянутую форму вдоль оси энтальпии, что определяет более высокие значения удельной холодопроизводительности, при меньших значениях давлений конденсации

Как показал анализ результатов, представленный на рисунке 7 наибольшее значение имеет хладагент R32. Его прирост по сравнению с R410a составил 16%, с R407a – 46% и с R12 – 64%. Разница между R600a и R12 составляет примерно 50%. Удельная объемная холодопроизводительность R600a значительно ниже, чем у хладагента R12, поэтому необходима замена компрессора на большую производительность. Но так как R600a обладает высокими энергетическими свойствами, количество хладагента, заправляемого в холодильный агрегат, сокращается на 60 % по сравнению с R12.

Фреон R32 эффективнее хладагента R410a и при аналогичной холодопроизводительности R32 нужно на 30% меньше, чем R410a, а следовательно, можно уменьшить габариты техники. При этом у R32 и R600a отсутствует температурный глайд, по сравнению с R410a и R407a, что делает их более выгодными в процессе эксплуатации. Кроме того, фреоны R32 и R600a отвечают требованиям по парниковому эффекту по сравнению с другими исследуемыми хладагентами.

### Заключение

В результате проведенных исследований было установлено:

- наибольшей холодопроизводительностью обладает фреон R410a, превышение по сравнению с R12 составило примерно 56%;
- наименьшей эффективной мощностью обладает фреон R32, уменьшение примерно составляет 61%;

– наиболее выгодным хладагентом можно считать R32 и R600a, но с условием применения компрессора большей мощности.

### Список литературы

1. Развитие альтернативных источников энергии в мире: медленно, но неотвратимо // [www.chuchotezvous.ru](http://www.chuchotezvous.ru) URL: <http://www.chuchotezvous.ru/science-evolution/1628.html> (дата обращения: 25.11.2023).
2. Азизов Д. Основы холодильной техники и технического обслуживания холодильных систем / Д. Азизов, Ф. Сайдиев. – Ташкент: Baktria press, 2017. – 176 с.
3. Мизин В.М. Подбор и расчет основных элементов одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины: учеб.-метод. пособие / В.М. Мизин, Ю.В. Татаренко. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 60 с.
4. Анализ высокотемпературных циклов холодильных машин / В.И. Володин и др. // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ, 2006. – № 3. – С. 143-146.
5. Хрёкин А.С., Баранов И.В. Сравнительный анализ эффективности циклов холодильных машин / А.С. Хрёкин, И.В. Баранов // Вестник Международной академии холода. – 2021. – № 1. – С.12-21.
6. Цой А.П. Замена хладагента R22 на альтернативный в регионах с высокой температурой окружающей среды / А.П. Цой, А.С. Филатов, Д.А. Цой // Вестник Международной академии холода. – 2012. – № 2. – С. 13-18.
7. Тимофеев Б.Д. Модифицированные озонобезопасные смесевые хладагенты – заменители R22 / Б.Д. Тимофеев, В.А. Николаев, П.К. Нагула // Вестник Международной академии холода. – 2014. – № 1. – С. 16-18.
8. Ибраев А.М. Сравнительный анализ холодильных агентов парокомпрессионных холодильных машин по ожидаемой холодопроизводительности / А.М. Ибраев, Т.Н. Мустафин, М.Н. Хамидуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 4. – С. 159-162.
9. Татаренко Ю.В. Тепловые расчеты циклов холодильных машин: Учеб.-метод. Пособие Ю.В. Татаренко. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 62 с.
10. Сухих А.А. Методика сравнения термодинамической эффективности циклов холодильных и теплонасосных установок / А.А. Сухих, И.С. Антаненкова // Вестник Международной академии холода. – 2012. – № 4. – С. 21-25.

### References

1. Razvitie al'ternativnykh istochnikov ehnergii v mire: medlenno, no neotvratimo // [www.chuchotezvous.ru](http://www.chuchotezvous.ru) URL: <http://www.chuchotezvous.ru/science-evolution/1628.html> (data obrashcheniya: 25.11.2023). (In Russian).
2. Azizov D. Osnovy kholodil'noi tekhniki i tekhnicheskogo obsluzhivaniya kholodil'nykh sistem / D. Azizov, F. Saidiev. – Tashkent: Baktria press, 2017. – 176 s. (In Russian).
3. Mizin V.M. Podbor i raschet osnovnykh ehlementov odnostupenchatoi parokompressionnoi kholodil'noi mashiny: ucheb.-metod. posobie / V.M. Mizin, YU.V. Tatarenko. – SPb.:Universitet ITMO; IKhIBT, 2015. – 60 s. (In Russian).
4. Analiz vysokotemperaturnykh tsiklov kholodil'nykh mashin / V.I. Volodin i dr. // Trudy BGTU. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv, 2006. – № 3. – S. 143-146. (In Russian).
5. Khrekin A.S., Baranov I.V. Sravnitel'nyi analiz ehffektivnosti tsiklov kholodil'nykh mashin / A.S. Khrekin, I.V. Baranov // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. – 2021. – № 1. – S.12-21. (In Russian).
6. Tsoi A.P. Zamena khladagenta R22 na al'ternativnyi v regionakh s vysokoi temperaturoi okruzhayushchei sredy / A.P. Tsoi, A.S. Filatov, D.A. Tsoi // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. – 2012. – № 2. – S. 13-18. (In Russian).
7. Timofeev B.D. Modifitsirovannye ozonobezopasnye smesevye khladagenty – zameniteli R22 / B.D. Timofeev, V.A. Nikolaev, P.K. Nagula // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. – 2014. – № 1. – S. 16-18. (In Russian).

8. Ibraev A.M. Sravnitel'nyi analiz kholodil'nykh agentov parokompressionnykh kholodil'nykh mashin po ozhidaemoi kholodoproizvoditel'nosti / A.M. Ibraev, T.N. Mustafin, M.N. Khamidullin // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – № 4. – S. 159-162. (In Russian).
9. Tatarenko YU.V. Teplovye raschety tsiklov kholodil'nykh mashin: Ucheb.-metod. Posobie YU.V. Tatarenko. – SPb.: Universitet ITMO, 2018. – 62 s. (In Russian).
10. Sukhikh A.A. Metodika sravneniya termodinamicheskoi ehffektivnosti tsiklov kholodil'nykh i teplonasosnykh ustanovok / A.A. Sukhikh, I.S. Antanenkova // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. – 2012. – № 4. – S. 21-25. (In Russian).

**М.В. Ермоленко\*, А.М. Советказыева**

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А,  
\*e-mail: tehfiz@mail.ru

### **ӘР ТҮРЛІ ТОҢАЗЫТҚЫШ АГЕНТТЕРІНДЕ ЖҰМЫС ІСТЕУ КЕЗІНДЕ БУ КОМПРЕССИЯЛЫҚ ТОҢАЗЫТҚЫШ МАШИНАСЫНЫҢ ЦИКЛІН ТАЛДАУ**

Қазіргі уақытта бу компрессиялық тоңазытқыш машиналарының циклдарында қолданылатын озон қауіпсіз тоңазытқыш агенттерін тиімді қолдану мәселесіне көбірек көңіл бөлінуде. Бұл әсіресе озонға қауіпсіз тоңазытқыш агенттерінің жаһандық жылыну индексі жоғары болған кезде маңызды болды, бұл соңғы уақытта бүкіл әлем бойынша қоршаған ортаға қолайсыз. Сондықтан кейбір тоңазытқыш агенттерін басқаларына ауыстыру нәтижесінде жаңа тоңазытқыш агенттерін қолданудың тиімділігін бағалау бойынша зерттеулер жүргізу өзекті міндет болып табылады. Бұл жағдайда жұмыс затын ауыстырғанға дейін бірдей жабдықты сақтауға тырысу керек. Осыған байланысты фреондарды ауыстыру кезінде бу компрессиялық тоңазытқыш машиналары жұмысының негізделген тиімділігі тоңазытқыш жүйелерін модернизациялаудың ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл жұмыста әр түрлі тоңазытқыш агенттерінде жұмыс істеген кезде тоңазытқыш машиналардың бу-компрессиялық бір сатылы циклдерінің тиімділігін зерттеу ұсынылған. Әр түрлі озонға қауіпсіз тоңазытқыш агенттерін термодинамикалық бағалау тыйым салынған озон қауіпті тоңазытқыш агенттері – дихлордифторметанмен салыстырғанда жүргізілді. Зерттеу барысында қарастырылып отырған тоңазытқыш агенттері үшін тоңазытқыш циклінің салқындату өнімділігі мен тиімді қуаты анықталды. Тоңазытқыш агентінің шамасы және өртүрлі тоңазытқыш агенттері үшін циклдердің жетілу дәрежесі бағаланды. Қарастырылып отырған цикл мен параметрлер үшін зерттелетін тоңазытқыш агенттерінің нақты көлемдік салқындату өнімділігі анықталды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде зерттелетін параметрлер мен тоңазытқыш машинасының циклін ауыстыру үшін ең қолайлы тоңазытқыш агенті ұсынылды.

**Түйін сөздер:** тоңазытқыш машинасының циклі, тоңазытқыш агенті, тоңазытқыш коэффициенті, салқындату өнімділігі, тиімді қуат, термодинамикалық жетілдіру, нақты көлемді салқындату өнімділігі, термодинамикалық талдау.

**M.V. Yermolenko\*, A.M. Sovetkazyeva**

Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A,  
\*e-mail: tehfiz@mail.ru

### **ANALYSIS OF THE CYCLE OF A STEAM COMPRESSION REFRIGERATING MACHINE WHEN WORKING ON VARIOUS REFRIGERATING AGENTS**

Currently, more and more attention is being paid to the problem of effective application of ozone-safe refrigerating agents used in the cycles of vapor-compression refrigeration machines. This has become especially important when a number of ozone-safe refrigeration agents have a large global warming index, which has recently been unacceptable with respect to the environment worldwide. Therefore, conducting studies to evaluate the performance of new refrigerating agents as a result of replacing some refrigerating agents with others is an urgent task. At the same time it is necessary to try to keep the same equipment as it was before the replacement of the working agent. In this connection the justified efficiency of vapor-compression refrigeration machines at replacement of freons are an integral part of modernization of refrigeration systems. This paper presents a study of the efficiency of vapor-compression single-stage cycles of refrigeration machines when operating with different refrigerating agents. Thermodynamic evaluation of different ozone-safe refrigerating agents was carried out in comparison with forbidden ozone-safe refrigerating

agent – dichlorodifluoromethane. In the course of the conducted research the cold-productivity and effective power of the refrigeration cycle for the considered refrigerating agents were determined. An estimation of the refrigerating agent value and the degree of cycle perfection for different refrigerating agents has been carried out. Specific volumetric refrigerating capacity of the investigated refrigerating agents for the considered cycle and parameters has been determined.

As a result of this research, the most expedient refrigerating agent was recommended for replacement at the investigated parameters and cycle of the refrigeration machine.

**Key words:** refrigerating machine cycle, refrigerating agent, refrigerating coefficient, refrigerating capacity, effective power, thermodynamic perfection, specific volumetric refrigerating capacity, thermodynamic analysis.

#### Сведения об авторах

**Михаил Вячеславович Ермоленко\*** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Арайлым Муратбековна Советказыева** – магистрант специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Михаил Вячеславович Ермоленко\*** – техника ғылымдарының кандидаты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» Қазақстан Республикасы; «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Арайлым Муратбековна Советказыева** – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

#### Information about authors

**Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko\*** – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Technical physics and heat power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

**Arailym Muratbekovna Sovetkazyeva** – undergraduate specialty «Technical physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: muratbekovna24@mail.ru.

Поступила в редакцию 10.05.2024  
Поступила после доработки 03.06.2024  
Принята к публикации 04.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-42

FTAXP: 67.53.23



**А.К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Ж.К. Алдажуманов<sup>1</sup>, К.С. Зарыкбаева<sup>1</sup>,  
А.Б. Леонидова<sup>1\*</sup>, А.Е. Сатыбалдинова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Торайғыров университеті,  
140008, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., Ломов көш., 64

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

#### ЖЫЛЫТУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІНЕ

**Аңдатпа:** Тұрғын үй-жайларда да, өндірістік үй-жайларда да температураны белгілі бір режимде ұстап тұру үшін қажетті жылу мөлшерін алуға, тасымалдауға және беруге қызмет ететін белгілі бір жабдықтың жұмысын реттеу қажет. Мұндай жабдықтардың жиынтығы жылу жүйелері болып табылады. Мұндай жүйенің құрылғысын дұрыс таңдау, сондай-ақ құрылғылардың тиімділігі, энергияны үнемдеу мәселелерін шешуге байланысты. Көп қабатты ғимараттардың ішінде ғимараттардың көп бөлігі орталықтандырылған жылумен жабдықтауға қосылған. Ғимараттардың

жылу режимінің ерекшеліктері жобалау деңгейінде ескеріледі, ал жылыту жүйелері міндетті түрде стандарттармен негізделген ауа параметрлерін қамтамасыз етуі керек. Жылыту жүйелеріне бірқатар талаптар қойылады: санитарлық-гигиеналық, экономикалық, құрылыс, монтаждау, пайдалану. Көбінесе су салқындатқыш ретінде қолданылады. Суды жылытуды пайдаланудың бірқатар артықшылықтары бар, олардың арасында гигиена, сенімділік, қарапайымдылық және пайдалану ыңғайлылығы бар. Жылыту радиаторлары жасалатын материалдар әртүрлі болуы мүмкін: шойын, болат, алюминий. Биметалл радиаторларын да қолдануға болады. Суды жылыту жүйелерінде радиаторлар жылуды тасымалдаушыдан (әдетте ыстық судан) қоршаған ауаға тасымалдауда шешуші рөл атқарады. Радиатордың дұрыс түрін таңдау бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде ғимарат түрі, қажетті жылу қуаты, эстетикалық артықшылықтар және бюджет. Радиатордың белгілі бір түрін таңдау жағдайларға байланысты әр жағдайда анықталады. Радиатордағы жылу беру процесерін есептеу кезінде батареядағы ыстық судан қыздырылған ауаға жылу беру процесі есептеледі.

**Түйін сөздер:** жылыту жүйелері, энергияны үнемдеу, материалдар, жылыту радиаторлары, салқындатқыш, жылу беру.

### Кіріспе

Жылумен жабдықтау жүйесі тұтынушыларды жылу энергиясымен қамтамасыз етумен байланысты барлық инженерлік-техникалық міндеттерді түсінеді. Жылумен жабдықтау жүйелерін зерттеу және дамыту жылуды өндіруге, тасымалдауға, реттеуге және тұтынуға қатысты мәселелерді зерттеуді қамтиды [1].

Қазақстан орталықтандырылған жылумен жабдықтау дамыған елдерге жатады (жылу электр орталықтары, яғни электр энергиясы мен жылуды аралас өндіру кәсіпорындары үлкен таралымға ие болды). Қазақстан Республикасында тұрғындардың 70%-дан астамы ыңғайлы орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелеріне қосылған.

Егер Қазақстан Республикасының (ҚР) климаттық аймақтары бойынша салыстыратын болсақ, онда орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйелерінің таралу дәрежесі мынадай:

- Солтүстік аймақ 64%;
- Оңтүстік аймақ 19%;
- Батыс аймақ 17%.

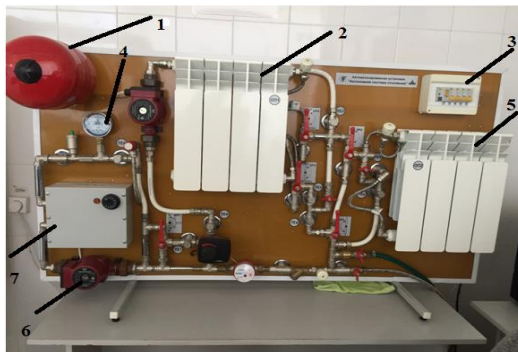
Пайыздар Республиканың ЖЭО-ның қолда бар жиынтық жылу қуатынан келтірілген [2-5].

Қазіргі уақытта әртүрлі жылыту жүйелері белгілі, сондықтан олардың тиімділігін дұрыс бағалай білу маңызды, ол үшін жылу энергиясының жоғалуын білу қажет. Жылу аспаптарын реттеудің заманауи технологияларын пайдалану олардың пайдалы әсер ету коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді [6-10].

Сондықтан жылыту аспаптарының энергия тиімділігін арттырудың ықтимал жолдарын зерттеу жалпы ҚР үшін маңызды міндет болып қала береді [11, 12].

### Тапсырма қою

Зерттеулер «Автоматтандырылған жылыту жүйесі-03» эксперименттік қондырғысында жүргізілді (1 сурет).



- 1-кеңейту цистернасы; 2-жылыту құрылғысы; 3-басқару қалқаны; 4-манометриялық термометр және манометр;  
5-жылыту құрылғысы; 6-жылыту аспаптарының контурындағы айналым сорғысы;  
7-автоматты температура реттегіші бар жылу генераторы

Сурет 1 – Автоматтандырылған жылыту жүйесі-03

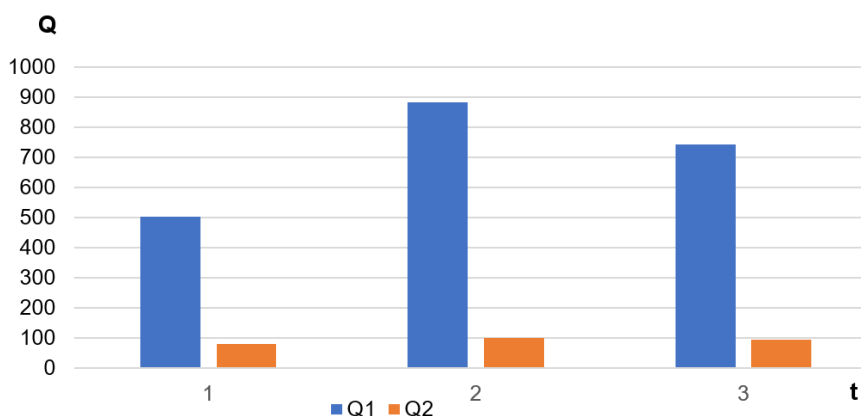
Жылу жүктемесін білу жылу жүйелерін жобалау және қайта құру кезінде қажет. Сондықтан жұмыстың мақсаты жылыту құрылғыларын дәйекті қосу кезінде жылу жүктемесін анықтау болды.

### Зерттеу нәтижелері

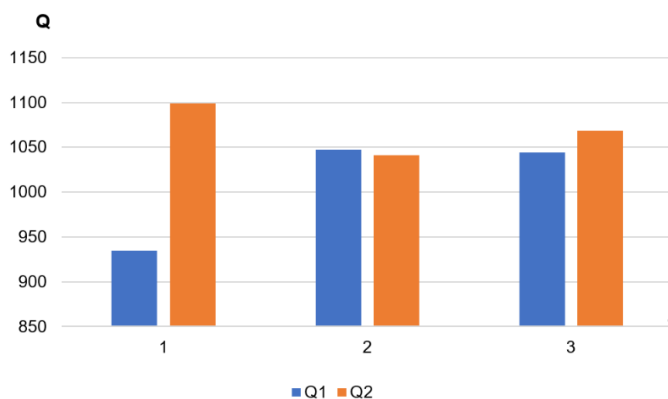
Барлық зерттеулер эксперименттік қондырғыда жүргізілді (1 сурет). Жұмыс барысында қажетті өлшеулер жүргізілді, нәтижесінде жылу құрылғыларын сандық реттеу кезінде жылу өнімділігінің мәндері алынды (бұл жағдайда максималды температура 80°C берілді) және жылыту құрылғыларын сапалы реттеу кезінде (бұл жағдайда максималды температура 50°C, 60°C және 80°C берілді). Жылу тасымалдағышты жүргізу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температурасы  $4,6 \cdot 10^{-4}$  м/с,  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с Қабылданған белгілеу жүйесі:

- Q1 – жылыту құрылғысының жылу өнімділігі ЖҚ1, Вт;
- Q2 – жылыту құрылғысының жылу өнімділігі ЖҚ2, Вт.

2 суретте жүйе қосылғаннан кейін 20 секундтан кейін құрылғының жылу өнімділігінің мәндері көрсетілген. 3 суретте жылыту құрылғысы қосылғаннан кейін 120 секунд жұмыс істегеннен кейін құрылғының жылу өнімділігінің мәндері көрсетілген.



Сурет 2 – Жүйе қосылғаннан кейін 20 секундтан кейін жылу өнімділігі мәндері



Сурет 3 – Жүйе қосылғаннан кейін 120 секундтан кейін жылу өнімділігі мәндері

Нәтижелерді қарастыру жүйені 20 секундтан кейін барлық қаралған жылдамдықта қосқаннан кейін екінші жылыту құрылғысының жылу өнімділігі шамалы ерекшеленетінін көрсетті.

Қосқаннан кейін 120 секундтан кейін жүйенің жұмысын қарастырған кезде, салқындатқыштың қозғалыс жылдамдығы  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с болғанда, бірінші және екінші жылыту құрылғыларының жылу өнімділігі  $4,6 \cdot 10^{-4}$  м/с жылдамдықтағы құрылғылардың жұмысына қарағанда шамалы ерекшеленеді.

### Қорытынды

Қосқаннан кейін 20 секундтан кейін жылыту жүйесінің жұмысын қарастырған кезде, салқындатқыштың барлық қозғалыс жылдамдығындағы екінші құрылғының жылу



өнімділігіндегі шамалы айырмашылық салқындатқыштың бірінші жылыту құрылғысы арқылы өткеннен кейін орнатылғандығымен түсіндіріледі.

Қосылғаннан кейін 120 секундтан кейін жүйенің жұмысын талдау салқындатқыштың  $6,5 \cdot 10^{-4}$  м/с және  $8,3 \cdot 10^{-4}$  м/с жылдамдықтарын көрсетті, бұл құрылғылардың біркелкі жылу өнімділігін қамтамасыз етеді, бұл салқындатқыштың біркелкі ағынымен түсіндіріледі.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Шкаровский А.Л. Теплоснабжение: учебник / А.Л. Шкаровский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 392 с.
2. Аубакирова Ф.Х. Системы централизованного теплоснабжения Казахстана / Ф.Х. Аубакирова, Е.А. Алишер // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 10(27). – С. 120-122.
3. Шалаганова, А.Н. Исследование эффективности систем отопления / А.Н. Шалаганова и др. // Молодой ученый. – 2015. – № 9(89). – С. 350-354.
4. Жумагулов, М.Г. Системы теплоснабжения четвертого поколения / М.Г. Жумагулов, Н.Е. Искакова, С.В. Романенко // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: IX Международная научно-практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 года / Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. – Нур-Султан: Б., 2021. – С. 351-356.
5. Шалаганова, А.Н. Исследование эффективности стенового отопления и отопления «Термоплинтус» / А.Н. Шалаганова, С.П. Левченко // Перспективы науки. – 2015: Материалы I Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ, Казань, 12 октября 2015 года / Научно-образовательный центр «ЗНАНИЕ». – Казань: Научно-образовательный центр «Знание», 2015. – С. 209-212.
6. Yuan X. Dynamic temperature model of district heating system based on operation data / X. Yuan, X. Yali, W. Qiongyao // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 158. – P. 65706575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.073>.
7. Improving thermal performance of an existing UK district heat network: a case for temperature optimization / M. Tunzi et al // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 158. – P. 1576-1585. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.049>.
8. Moskvitina A. Techno-economic heaters assessment methodology for modern dynamic water heating systems / A. Moskvitina, O. Lyubarets, K. Predun // Management of Development of Complex Systems. – 201937. – P. 210-218.
9. Barbolini F. A design strategy to reach nZEB standards integrating energy efficiency measures and passive energy use / F. Barbolini, P. Cappellacci, L. Guardigli // Energy Procedia. – 2017. – P. 205-214.
10. Livio M. Standard EN 16798-3:2017 on ventilation for non-residential buildings: performance requirements / M. Livio, H. Jaap // REHVA Journal. – 2018. – April. – P. 6-12.
11. Шкрет О. Энергосбережение в Павлодарской области республики Казахстан / О. Шкрет // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. – 2018. – № 3(17). – С. 77-80.
12. Применение теплообменников для разделения контуров отопления / Р.Е. Антонов // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 4-9.

#### References

1. Shkarovskii A.L. Teplosnabzhenie: uchebnik / A.L. Shkarovskii. – 2-е изд., стер. – Sankt-Peterburg: Lan', 2020. – 392 s. (In Russian).
2. Aubakirova F.KH. Sistemy tsentralizovannogo teplosnabzheniya Kazakhstana / F.KH. Aubakirova, E.A. Alisher // Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki. – 2018. – № 10(27). – S. 120-122.
3. Shalaganova, A.N. Issledovanie ehffektivnosti sistem otopeniya / A.N. Shalaganova i dr. // Molodoi uchenyi. – 2015. – № 9(89). – S. 350-354. (In Russian).
4. Zhumagulov, M.G. Sistemy teplosnabzheniya chetvertogo pokoleniya / M.G. Zhumagulov, N.E. Iskakova, S.V. Romanenko // Aktual'nye problemy transporta i ehnergetiki: puti ikh innovatsionnogo

resheniya: IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Nur-Sultan, 19 marta 2021 goda / Evraziiskii natsional'nyi universitet im. L.N. Gumileva. – Nur-Sultan: B., 2021. – S. 351-356. (In Russian).

5. Shalaganova, A.N. Issledovanie ehffektivnosti stenovogo otopleniya i otopleniya «TermoplintuS» / A.N. Shalaganova, S.P. Levchenko // Perspektivy nauki. – 2015: Materialy I Mezhdunarodnogo zaochnogo konkursa nauchno-issledovatel'skikh rabot, Kazan', 12 oktyabrya 2015 goda / Nauchno-obrazovatel'nyi tsentr «ZNANIE». – Kazan': Nauchno-obrazovatel'nyi tsentr «ZnaniE», 2015. – S. 209-212. (In Russian).

6. Yuan X. Dynamic temperature model of district heating system based on operation data / X. Yuan, X. Yali, W. Qiongyao // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 158. – P. 65706575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.073>. (In English).

7. Improving thermal performance of an existing UK district heat network: a case for temperature optimization / M. Tunzi et al // Energy and Buildings. – 2018. – Vol. 158. – P. 1576-1585. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.049>. (In English).

8. Moskvitina A. Techno-economic heaters assessment methodology for modern dynamic water heating systems / A. Moskvitina, O. Lyubarets, K. Predun // Management of Development of Complex Systems. – 2019. – P. 210-218. (In English).

9. Barbolini F. A design strategy to reach nZEB standards integrating energy efficiency measures and passive energy use / F. Barbolini, P. Cappellacci, L. Guardigli // Energy Procedia. – 2017. – P. 205-214. (In English).

10. Livio M. Standard EN 16798-3:2017 on ventilation for non-residential buildings: performance requirements / M. Livio, N. Jaap // REHVA Journal. – 2018. – April. – P. 6-12. (In English).

11. Shkret O. Ehnergosberezhenie v Pavlodarskoi oblasti respubliki Kazakhstan / O. Shkret // Vestnik Dimitrovgradskogo inzhenerno-tehnologicheskogo instituta. – 2018. – № 3(17). – S. 77-80. (In Russian).

12. Primenenie teploobmennikov dlya razdeleniya konturov otopleniya / R.E. Antonov // Ehnergo- i resursosberezhenie v teploehnergetike i sotsial'noi sfere: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov, uchenykh. – 2019. – T. 7, № 1. – S. 4-9. (In Russian).

**А.К. Кинжибекова<sup>2</sup>, Ж.К. Алдажуманов<sup>1</sup>, К.С. Зарыкбаева<sup>1</sup>, А.Б. Леонидова<sup>1\*</sup>,  
А.Е. Сатыбалдинова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Торайгыров Университет,  
140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

## **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ**

*Для того чтобы поддерживать температуру в заданном режиме как жилых, так и в промышленных помещениях необходимо наладить работу определенного количества оборудования, которое будет служить для получения, переноса и передачи требуемого количества теплоты. Совокупность такого оборудования представляет собой отопительные системы. От правильного выбора устройства такой системы зависит, как и эффективность работы приборов, так решение вопросов энергосбережения. Среди многоэтажных застроек большая часть зданий подключена к централизованному теплоснабжению. Особенности теплового режима зданий учитываются на уровне проектирования, а системы отопления должны обязательно обеспечивать обоснованные нормативами параметры воздуха. К системам отопления предъявляется ряд требований: санитарно-гигиенические, экономические, строительные, монтажные, эксплуатационные. Наиболее часто в качестве теплоносителя используется вода. Использование водяного отопления имеет ряд преимуществ, среди которых гигиеничность, надежность, бесшумность, простота и удобство в эксплуатации. Материалы, из которых изготавливаются радиаторы отопления, могут быть различными: чугун, сталь, алюминий. Также возможно использование биметаллических радиаторов. В системах водяного отопления, радиаторы играют ключевую роль в передаче тепла от носителя (обычно горячей воды) к окружающему воздуху. Выбор*

подходящего типа радиатора зависит от нескольких факторов, включая тип здания, требуемую мощность отопления, эстетические предпочтения и бюджет. Выбор конкретного вида радиатора определяется в каждом конкретном случае в зависимости от условий. При расчете процессов передачи теплоты в радиаторе рассчитывается процесс теплопередачи от горячей воды в батарее к нагреваемому воздуху.

**Ключевые слова:** отопительные системы, энергосбережение, материалы, радиаторы отопления, теплоноситель, теплопередача.

**A.K. Kinzhibekova<sup>2</sup>, J.K. Aldazhumanov<sup>1</sup>, K.S. Zarykbaeva<sup>1</sup>, A.B. Leonidova<sup>1\*</sup>,  
A.E. Satybaldinova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Toraigyrov University,  
140008, Republic of Kazakhstan, Pavlodar, 64 Lomova Street

\*e-mail: aiym.leonidova@mail.ru

## TO THE ISSUE OF DETERMINING THE EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS

*In order to maintain the temperature in a given mode in both residential and industrial premises it is necessary to establish the operation of a certain amount of equipment that will serve to receive, transfer and transmit the required amount of heat. The aggregate of such equipment is a heating system. From the correct choice of the device of such a system depends, as well as the efficiency of the devices, so the solution of energy-saving issues. Among multi-storey buildings, most of the buildings are connected to the centralized heat supply. The peculiarities of the thermal regime of buildings are taken into account at the design level, and heating systems must necessarily provide air parameters justified by regulations. A number of requirements are imposed on heating systems: sanitary-hygienic, economic, construction, installation and operational. Most often water is used as a heat carrier. The use of water heating has a number of advantages, including hygiene, reliability, quietness, simplicity and ease of operation. The materials from which radiators are made can be different: cast iron, steel, aluminum. It is also possible to use bimetallic radiators. The choice of a particular type of radiator is determined in each case, depending on the conditions. When calculating the heat transfer processes in the radiator, the heat transfer process from the hot water in the radiator to the heated air is calculated.*

**Key words:** heating systems, energy saving, materials, heating radiators, heat transfer fluid, heat transfer.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Акмарал Кабиденовна Кинжибекова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: jean1974@mail.ru.

**Камшат Серикхановна Зарыкбаева** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Айым Бауыржанқызы Леонидова\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aigerimsemei@mail.ru.

### Сведения об авторах

**Акмарал Кабиденовна Кинжибекова** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Теплоэнергетика»; Торайғыров Университет, Республика Казахстан; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

**Жан Касенович Алдажуманов** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: jean1974@mail.ru.

**Камшат Серикхановна Зарыкбаева** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Айым Бауыржанқызы Леонидова\*** – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

**Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова** – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aigerimsemei@mail.ru.

#### Information about the authors

**Akmaral Kabidenovna Kinjibekova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Heat Power Engineering Department; Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan; e-mail: akmaral70@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0001-5839-3001>.

**Zhan Kasenovich Aldazhumanov** – Senior Lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: jean1974@mail.ru.

**Kamshat Serikhanovna Zarykbaeva** – Senior Lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kamshat.ru@mail.ru.

**Ayym Bauyrzhankyzy Leonidova\*** – teacher of the department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aiym.leonidova@mail.ru.

**Aigerim Yerkenovna Satybaldinova** – teacher of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigerimsemei@mail.ru.

Редакцияға енуі 15.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 03.04.2024

Жариялауға қабылданды 04.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-43

FTAXP: 44.39.01



**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, Е. Медетұлы\***  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71  
\*e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru

### ЖЕЛ ТУРБИНАСЫН 3D МОДЕЛЬДЕУГЕ АРНАЛҒАН ТОРДЫ ҚҰРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

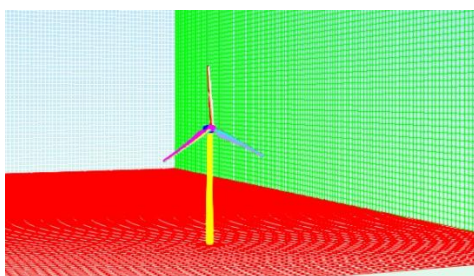
**Аңдатпа:** Мақалада тұрақты емес ауа ағынымен жел турбинасын 3D модельдеу үшін тор құру міндеті қарастырылады. Мәселені шешу үшін екі тор жасалады: біріншісі айналмалы бөліктен, екіншісі айналмалы емес бөліктен. Сондықтан торды құру үшін OpenFOAM пакетінің бөлігі ретінде blockmesh, snappyHexMesh, transformPoint, reconstructParMesh, mergeMeshes, changeDictionary утилиталары қолданылады. Тордың құрылысындағы негізгі келесі мәселелердің шешімі анықталады: біріншісі-статикалық және қозғалмалы тордың комбинациясы, екінші айналуды осі негізгі осьтердің ешқайсысына параллель емес (бұл факт snappyHexMesh-пен байланыстыруды және айналуды моментін бағалауды қиындатады). Салынған торлардан алынған мәліметтердің нәтижесінде стационарлық бөлік кеңістіктің үлкен көлемін қамтиды және жоғары ажыратымдылыққа ие. Мысалы, бекітілген бөліктің торы blockmesh көмегімен салынған 6 750 000 ұяшықтан тұрады, тордың бүйірлерінің жалпы саны 20 385 000-ға тең, оның 20 115 000-ы ішкі беттер, ал қалғандары тордың шекаралары. Айналмалы бөліктің деректері жабық тордың 2 965 671 ұяшықтан, 9 447 062 беттен және 3 623 151 нүктеден тұратынын көрсетеді. Демек, айналмалы бөлік турбина қалақтарының геометриясы мен динамикасына бейімделеді. Алынған салынған торлардың деректеріне сүйене отырып, тордың сапасы мен ажыратымдылығы талданады. Алынған тордың жел турбинасының айналасындағы турбулентті ағындарды модельдеу үшін жеткілікті дәлдігі мен бейімделуі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** тор; шешуші; жел турбинасы; утилиталар; алгоритм.

## Кіріспе

Жел турбиналары қазба отындарына тәуелділікті төмендететін және парниктік газдар шығындыларын азайтатын жаңартылатын энергияның ең перспективалы көздерінің бірі болып табылады. Дегенмен, жел турбиналарын тиімді пайдалану үшін олардың жұмысына әсер ететін көптеген факторларды ескеру қажет, мысалы, қалақтардың геометриясы, желдің жылдамдығы, шабуыл бұрышы, айналу жиілігі және т.б. бұл қалақтардың қозғалыс динамикасын және ауа ағынымен өзара әрекеттесуін ескере отырып, жел турбиналарының айналуын сандық модельдеуді қажет етеді. Сандық модельдеудің негізгі кезеңдерінің бірі-есептеудің қолайлы уақытында шешімнің жеткілікті дәлдігін қамтамасыз етуі керек сапалы есептеу торын құру.

Жел турбинасының айналуын модельдеу үшін openfoam пакетінің бөлігі болып табылатын rimpleDyMFoam шешуші қолданылады. Бұл шешуші турбинаның қозғалыс динамикасын және ауа ағынымен өзара әрекеттесуін ескеруге мүмкіндік береді. Мәселені шешу үшін екі тор қолданылады: біріншісі айналмалы бөліктен, екіншісі айналмалы емес бөліктен. Екі торды қосу үшін олардың арасындағы шекарада қысым мен жылдамдық өрістерінің үздіксіздігін қамтамасыз ететін арнайы интерфейс қолданылады.



Сурет 1 – Жел турбинасының моделі

## Әдістері

Бұл мақалада OpenFOAM пакетін қолдана отырып, стационарлық емес ауа ағынымен көлденең үш қалақты жел турбинасын 3D модельдеуге арналған тор салу әдісі келтірілген. OpenFOAM-бұл түпкілікті көлем әдісіне негізделген үздіксіз орта механикасының мәселелерін шешуге арналған еркін таратылатын бағдарламалар пакеті. OpenFOAM пакетінің құрамында blockMesh және snappyHexMesh сияқты торды құруға арналған әртүрлі утилиталар бар. BlockMesh берілген блок параметрлері бойынша алтыбұрышты ұяшықтардан құрылымдық торлар жасауға мүмкіндік береді. SnappyHexMesh құрылымдық торды ұяшықтарды бөлу, жылжыту және жою арқылы ерікті беттік геометрияға бейімдеуге мүмкіндік береді. snappyHexMeshDict сөздігіне мыналар кіреді: тор жасау процесінің әртүрлі қадамдарын басқаратын жоғарғы деңгейдегі қосқыштар және әр процесс үшін бөлек ішкі каталогтар [1,2].

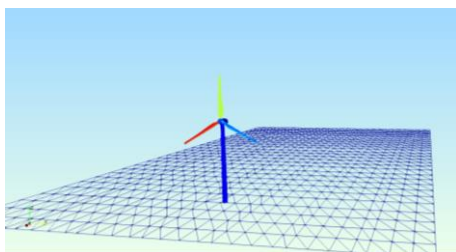
## Нәтижелер мен талқылаулар

Торды құру кезінде stl файл пішімінде дайын жел турбинасының геометриялары қолданылады (сурет 1). Жел турбинасының кеңістік өлшемі 480м x 256м x 192м болатын тікбұрышты аймақ болды. Жел турбинасы айналмалы қалақтардан және айналмайтын гондаладан, ступицадан, мұнарадан тұрады.

Айналмалы бөліктің торын жасау тәсілі: фондық торды жасау үшін blockMesh, тордың шекараларын анықтау және нақтылау үшін snappyHexMesh-ты пайдалану. Фондық тор негізгі X, Y, Z осьтеріне тураланған тіктөртбұрыш, бірақ бұл тәсіл айналу осінің негізгі осьтердің ешқайсысымен тураланбағанын ескермейді. Бұл соңғы тордың сапасына әсер етеді. Сәйкесінше тым кішкентай ұяшықтар пайда болады және есептеу уақытын едәуір арттырады. Ұяшық өлшемі неғұрлым аз болса, соғұрлым аз болуы мүмкін болатын ең үлкен мән, ол модельдеудегі уақыт қадамы [3].

Осылайша, айналу осіне тураланған фондық тор ең жоғары сапалы торды жасау үшін жасалады. Әдеттегі айналмалы тор мен айналмалы тордың минималды бетінің ауданын салыстырсақ, бетінің ауданы  $1,926 \cdot 10^{-11}$  мм<sup>2</sup> типтік тор үшін және тураланған тор үшін 0,786 мм<sup>2</sup> құрайды (сурет 2).

Торлардың сандық деректері нүктелер, ұяшықтар және тараптар санымен сипатталады. Нүктелер-айнымалылар есептелетін тор түйіндері. Көп нүктелер-жоғары дәлдікті береді. Ұяшықтар-белгілі бір пішіні мен өлшемі бар тордың көлемді элементтері. Бүйірлері-ұяшықтардың беттері. Ішкі беттер екі ұяшықты бөліп, айнымалыларды қайта санауға әсер етеді.



Сурет 2 – Жел турбины

blockMesh торын салғаннан кейін алынған мәліметтер келесідей:

Кеңістікті шектеу: (-5000 -30000 -27500) (10000 30000 32500)

Нүктелер саны: 6 885 676

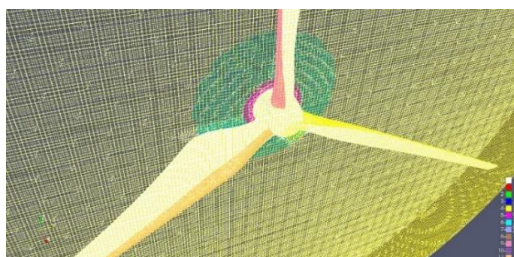
Ұяшықтар саны: 6 750 000

Тараптар саны: 20 385 000

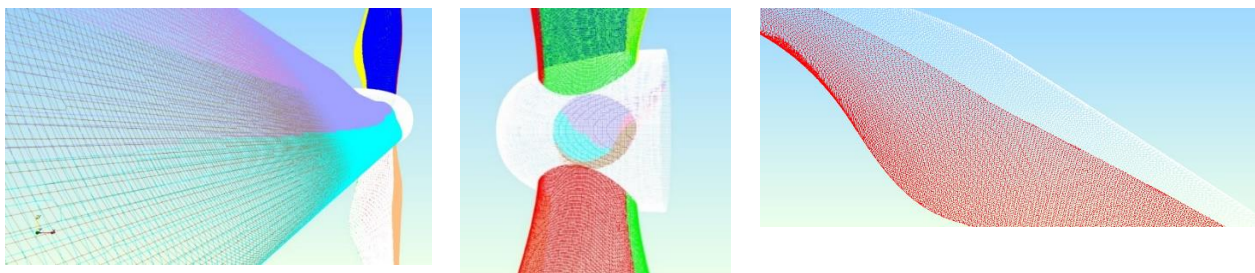
Ішкі қырлары: 20 115 000

blockMesh торын салғаннан кейін алынған деректер тордың жеткілікті жоғары ажыратымдылыққа ие екенін және кеңістіктің үлкен көлемін қамтитынын көрсетеді. Тор 6 750 000 ұяшықтан тұрады, олардың әрқайсысының алты жағы бар. Тор жақтарының жалпы саны 20 385 000-ға тең, оның 20 115 000-ы ішкі беттер, ал қалғандары тордың шекаралары. Тор бұрыштық координаттары (-5000 -30000 -27500) және (10000 30000 32500) бар тікбұрышты параллелепипедпен шектелген.

Surfacefeatures пәрменін пайдаланып, айналмалы бөліктің STL геометриясын eMesh файлдарына жасаймыз. Surfacefeatures утилитасын іске қосып нысандардың шеттері туралы ақпаратты қамтитын \*Emesh файлдарын жасау. Бұл қызметтік бағдарламаның параметрлерін system/surface FeatureExtractDict және system/surfacefeaturesdict-тен көруге болады. Фондық тор жасалғаннан кейін оны system/decomposeParDict-те анықталған параметрлермен параллель орындау үшін ыдыратуға болады [4]. Қазіргі уақытта негізгі осьтер бойынша тураланған фондық тор бар, яғни жел турбины моделінің айналу осіне тураланбаған(Сурет 3).



Сурет 3 – Жел турбинының қалақтары



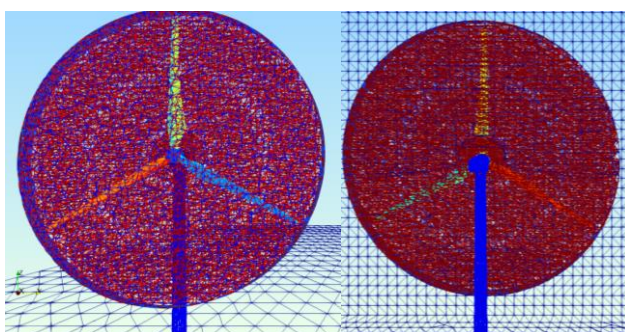
Сурет 4 – snappyHexMesh салғаннан кейін жел турбины және оның қалақтарының торының көрінісі

Transformpoints утилитасы фондық торды айналу осіне параллель ету үшін қолданылады. "rotate '(1 0 0) (0.993572 0 0.113203)'" қосқышы вектор (1 0 0) мен (0.993572 0 0.113203) вектор арасындағы айналу тұрғысынан түрлендіруді орнатады, мұнда бірінші вектор негізгі координаттар жүйесіндегі x осін, ал екінші вектор айналу осін білдіреді.

SnappyHexMeshDict конфигурация файлы қажетті параметрлерді орнату үшін пайдаланылды және 5 негізгі бөлімнен тұрды:

- geometry-геометрияның сипаттамасы;
- castellatedMeshControls-тордың беткі және көлемді қалыңдауы;
- snap-дененің бетіне жақын торды бақылау;
- addLayersControls-шекаралық қабаттарда тор ұяшықтарын басқару және құру;
- meshQualityMetrics-әртүрлі индикаторлар бойынша тор сапасын бақылау [5,6].

Торды құрудың негізгі процесі snappyHexMesh утилитасын қолдану арқылы жүзеге асырылады (сурет 4). SnappyHexMesh тордың параллель генерациясын аяқтаған кезде, торды параллель қайта құру қажет. ReconstructParMesh іске қосу арқылы параллель торды бір торға қайта жинақтауға болады. ToroSet көмегімен dynamicMesh үшін қажетті "ротор" аймағын жасайды, ротор аймағындағы қалақтар 5-суретте көрсетілген.



Сурет 5 – Алдыңғы және артқы ротор аймағы бар айналмалы бөлік торының түрі

Кесте 1 – Әр нақтылау деңгейіне арналған ұяшықтар:

0	1 123 283
1	94 658
2	437 049
3	1 310 681

Айналмалы бөліктің SnappyHexMesh деректері жабық тордың 2 965 671 ұяшықтан, 9 447 062 беттен және 3 623 151 нүктеден тұратынын көрсетеді. Бұл айналу аймағындағы турбулентті ағындарды модельдеу үшін жеткілікті жоғары ажыратымдылық. Ұяшықтарды нақтылау төрт деңгейге бөлінеді, ұяшықтардың көпшілігі үшінші деңгейде (кесте 1). Бұл тордың айналмалы бөліктің геометриясы мен динамикасына бейімделетінін көрсетеді.

Кеңістікті шектеу: (-400000 – 128000 – 47500) (80000 128000 144500)

Нүктелер саны: 746 091

Ұяшықтар саны: 720 000

Тараптар саны: 2 185 800

Ішкі қырлары: 2 134 200

Жел турбинасының айналмайтын бөлігінің салынған торы туралы ақпарат оның ажыратымдылығы мен сапасы жеткілікті екенін көрсетеді (сурет 6). Тор турбинаның нақты өлшемдеріне сәйкес келетін кеңістіктің үлкен көлемін қамтиды. Тордың нүктелері мен ұяшықтарының саны турбинаның айналасындағы ауа ағынының дәл модельдеуін қамтамасыз ету үшін жеткілікті үлкен. Тордың бүйірлері мен ішкі беттерінің саны тордың жақсы тегістелгенін және өткір бұрыштары немесе қисықтары жоқ екенін көрсетеді. Жалпы, жел турбинасының айналмайтын бөлігінің тор деректері оның жоғары сапасы мен одан әрі талдауға жарамдылығын көрсетеді (кесте 2, 3, 4).

Кесте 2 – Тор статистикасы:

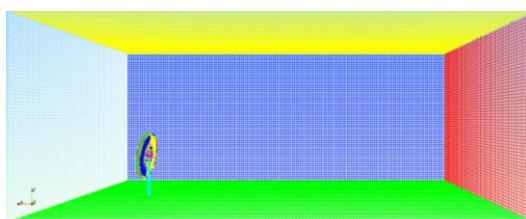
Нүктелер	16 319 504
Қырлар	46 933 018
Ішкі қырлар	46 158 476
Ұяшық	15 357 927
Ұяшыққа арналған қырлар	6.06 146
Шекаралық аймақ	30
Нүктелік аймақ	0
Қырлар аймағы	0
Ұяшықтар	2

Кесте 3 – Қорытынды тордағы әр типтегі ұяшықтардың жалпы саны:

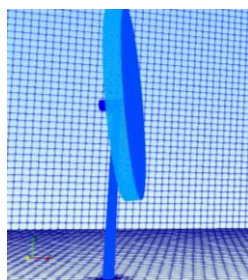
Алты қырлы	14 676 878
Призма	103 015
Сыналар	0
Пирамидалар	0
Тет сыналар	170
Тетраэдрлар	0
Көп қырлылар	577 864

Кесте 4 – Беттер саны бойынша полиэдрлердің бөліну деректері:

Қырлар	Ұяшық саны
4	99 142
5	65 498
6	124 173
7	27
8	13
9	176 753
10	4
11	12
12	76 750
13	2
15	35 237
16	1
17	252
18	12
19	76 750

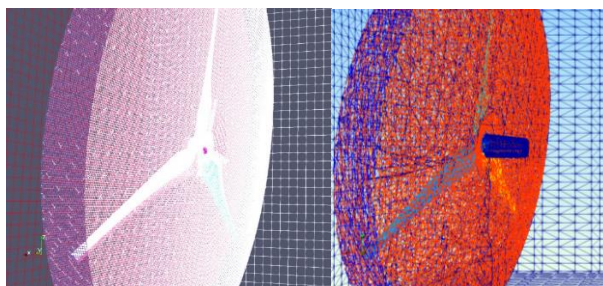


Сурет 6 – Кеңістіктік аймақтың айналмайтын бөлігінің торы

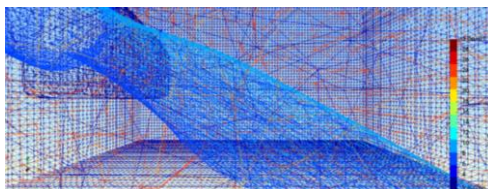


Сурет 7 – blocMesh салған айналмалы емес бөлік торы





Сурет 8 – Біріктірілген торлар



Сурет 9 – Жел турбинасының біріктірілген торы

Айналмалы және айналмайтын бөлікті біреуге біріктіру `mergeMeshes` утилитасымен іске асады (сурет 7). `CreatePatch` командасы әр жағдайда үш кішігірім патчтан 'rotBox1-outlet' және 'rotBox2-outlet' патчтарын жасайды (сурет 8). `ChangeDictionary` утилитасы сәйкес келмейтін интерфейстерде ағын өрісінің айнымалыларын біркелкі көрсету үшін `su2cam1` шекара түрін дұрыс орнатады [7,8]. Турбинана қалағының торы 9 суретте көрсетілген. Әрі қарай, `transformPoints` утилитасы соңғы торды миллиметрден метрге дейін масштабтау үшін қолданылады, өйткені `OpenFOAM` үшін СИ бірліктерін пайдалануы керек.

#### Қорытынды

Мақалада алынған эксперимент нәтижелері `OpenFoam` пакетін пайдаланып стационарлық емес ауа ағынымен көлденең үш қалақты жел турбинасын 3D модельдеу үшін тор салу әдісінің тиімділігін көрсетеді. `BlockMesh` көмегімен құрылымдық алтыбұрышты ұяшық торын құру, `snappyHexMesh` көмегімен торды қалақ геометриясына бейімдеу және турбинаның қозғалыс динамикасын есепке алу үшін торды екіге бөлу сияқты торды құрудың негізгі кезеңдері қарастырылды. `SnappyHexMesh`-ті беттердің жақсы сәйкестігін және қабат шекарасының жеткілікті ажыратымдылығын қамтамасыз ететін сапалы торды алу үшін пайдаланудың артықшылықтары көрсетілді. Модельдеу нәтижелері ұсынылған тор салу әдісі тиімді екенін және жел турбиналарының айналуына қатысты мәселелердің кең класын шешуге жарамды екенін көрсетті.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Christopher J. Greenshields, «CFD Direct Ltd. User Guide» version 5.0. <https://doc.cfd.direct/openfoam/user-guide-v11/index> (2017).
2. Greenshields, C. «Openfoam — 2.2.0: snappyhexmesh \_ feature snapping». <https://openfoam.org/release/2-2-0/snappyhexmesh-features-layers-baffles/> (2013).
3. Greenshields C. «Openfoam – 2.3.0: Arbitrary mesh interface». <https://openfoam.org/release/2-3-0/non-conforming-ami/> (2014).
4. Hoem M.E., Jun. «Implentation and testing of an actuator disk in openfoam». Project work, The Norwegian University of Science and Technology. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-22196-6\\_48](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-22196-6_48) (2017).
5. Holzmann, T., «Mathematics, Numerics, Derivations and OpenFOAM», 4th Edition. Holzmann CFD. [https://www.academia.edu/37043744/MATHEMATICS\\_NUMERICS\\_DERIVATIONS\\_AND\\_OPENFOAM](https://www.academia.edu/37043744/MATHEMATICS_NUMERICS_DERIVATIONS_AND_OPENFOAM) (2016).
6. Lloyd C. Sampling for graphs in parallel for ami case. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2514.2515> (2017).

7. Stergiannis N. Cfd modeling approaches against single wind turbine wake measurements using rans / N. Stergiannis, C. Lacor, J.V. Beeck, R. Donnelly // Journal of Physics: Conference Series 753. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24976.81928> (2016).
8. Stergiannis N. Full hawt rotor cfd simulations using different rans turbulence models compared with actuator disk and experimental measurements / N. Stergiannis, J. van Beeck, M.C. Runacres // Wind Energy Science Discussions. P. 1-20. <http://dx.doi.org/10.5194/wes-2017-6> (2017).
9. Modelling of wind turbine wake with a sliding mesh / J. van der Auweraert // Master's thesis, Delft University of Technology. <http://dx.doi.org/10.1002/we.2821> (2015).
10. Christopher J. Greenshields, «CFD Direct Ltd. User Guide version 5.0». <https://doc.cfd.direct/openfoam/user-guide-v11/index> (2017).
11. Bartl J. Blind test comparison of the performance and wake flow between two in-line wind turbines exposed to different turbulent inflow conditions / J. Bartl, L. Scetran // Wind Energy Science 2. – P. 55-76 <http://dx.doi.org/10.5194/wes-2-55-2017> (2017).
12. Barthl J., Sætran L., Invitation to the 2015 «Blind Test 4» Workshop Combined power of two in-line turbines at different inflow conditions. Research Gate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1749.2004> (2015).
13. Numerical simulations on static Vertical Axis Wind Turbine blade icing // R. Manatbayev et al // Renewable Energy. 2021. – № 170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.023>.
14. Zhang Y. Assessment of Applicability of Auto-Generated Grid in Large Eddy Simulation of Flow Around a Cylinder / Y. Zhang et al // Journal of Tongji University. – 2023. № 51(4). P. 542-550. <http://dx.doi.org/10.11908/j.issn.0253-374x.21518>.
15. Venugopalan S.G.R. A Parallel Implementation of blockMesh for Quick Generation of Huge Meshes / S.G.R. Venugopalan, D. Chandar, H. Gopalan // Conference: ESI OpenFOAM User Conference, [https://www.researchgate.net/publication/328577387\\_A\\_Parallel\\_Implementation\\_of\\_blockMesh\\_for\\_Quick\\_Generation\\_of\\_Huge\\_Meshes](https://www.researchgate.net/publication/328577387_A_Parallel_Implementation_of_blockMesh_for_Quick_Generation_of_Huge_Meshes).

#### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

*Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетін қаржыландыру шеңберінде орындалды (ЖРН – АР14870834).*

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, V.Y. Maksimov, E. Medetuly\***

Al-Farabi Kazakh National University,  
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 al-Farabi Ave.

\*e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru

#### **FEATURES OF BUILDING A GRID FOR 3D MODELING OF A WIND TURBINE**

*The article deals with the problem of constructing a grid for 3D modeling of a wind turbine by a non-stationary air flow. To solve the problem, two grids are constructed: the first from the rotating part, the second from the non-rotating part. Consequently, blockMesh, snappyHexMesh, TransformPoint, reconstructParMesh, mergeMeshes, changeDictionary utilities are used to build the grid as part of the OpenFOAM package. The solution of the main problems in the construction of the grid is determined: the first is a combination of static and moving grid, the second axis of rotation is not parallel to any of the main axes (this fact complicates the engagement with the help of snappyHexMesh and torque estimation).*

*As a result of the data obtained from the constructed grids, the stationary part covers a large amount of space and has a high resolution. For example, the grid of the stationary part constructed with blockMesh consists of 6,750,000 cells, the total number of sides of the grid is 20,385,000, of which 20,115,000 are internal faces, and the rest are the boundaries of the grid. The data of the rotating part shows that the closed grid consists of 2,965,671 cells, 9,447,062 faces and 3,623,151 points. Consequently, the rotating part adapts to the geometry and dynamics of the turbine blades. Based on the data obtained from the constructed grids, the quality and resolution of the grid are analyzed. It is shown that the resulting grid has sufficient accuracy and adaptability to simulate turbulent flows around a wind turbine.*

**Key words:** grid; solver; wind turbine; utilities; algorithm.

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СЕТКИ ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ**

*В статье рассматривается задача о построении сетки для 3D моделировании ветряной турбины нестационарным потоком воздуха. Для решения задачи строится две сетки: первая из вращающейся части, вторая из не вращающейся части. Следовательно, для построения сетки используются утилиты *blockMesh*, *snappyHexMesh*, *transformPoint*, *reconstructParMesh*, *mergeMeshes*, *changeDictionary* в составе пакета *OpenFOAM*. Определяется решение основных проблем при построении сетки: первая это комбинация статической и движущейся сетки, вторая ось вращения не параллельна ни одной из основных осей (этот факт усложняет зацепление с помощью *snappyHexMesh* и оценку крутящего момента).*

*В результате полученных данных из построенных сеток стационарная часть охватывает большой объем пространства и имеет высокое разрешение. Например, сетка стационарной части построенная с *blockMesh* состоит из 6 750 000 ячеек, суммарное число сторон сетки равно 20 385 000, из которых 20 115 000 являются внутренними гранями, а остальные границами сетки. Данные вращающейся части показывают, что замкнутая сетка состоит из 2 965 671 ячеек, 9 447 062 граней и 3 623 151 точек. Следовательно, вращающаяся часть адаптируется к геометрии и динамике лопастей турбины. Исходя из данных полученных построенных сеток анализируется качество и разрешение сетки. Показано, что полученная сетка имеет достаточную точность и адаптивность для моделирования турбулентных потоков вокруг ветряной турбины.*

**Ключевые слова:** сетка; решатель; ветряная турбина; утилиты; алгоритм.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Алия Сандыбаевна Аскарова** – профессор, физика-математика ғылымдарының докторы, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, физика-техникалық факультеті, жылуфизика және техникалық физика кафедрасы, Алматы қаласы; e-mail: Aliya.Askarova@kaznu.kz.

**Салтанат Алихановна Болегенова** – профессор, физика-математика ғылымдарының докторы, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, физика-техникалық факультеті, жылуфизика және техникалық физика кафедрасы, Алматы қаласы; e-mail: Saltanat.Bolegenova@kaznu.kz.

**Валерий Юрьевич Максимов** – PhD, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, физика-техникалық факультеті, жылуфизика және техникалық физика кафедрасы, Алматы қаласы; e-mail: Valeriy.Maximov@kaznu.kz.

**Ернар Медетулы\*** – магистрант, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, физика-техникалық факультеті, жылуфизика және техникалық физика кафедрасы, Алматы қаласы; e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru.

### **Сведения об авторах**

**Алия Сандыбаевна Аскарова** – профессор, доктор физико-математических наук, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики, г. Алматы; e-mail: Aliya.Askarova@kaznu.kz.

**Салтанат Алихановна Болегенова** – профессор, доктор физико-математических наук, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики, г. Алматы; e-mail: Saltanat.Bolegenova@kaznu.kz.

**Валерий Юрьевич Максимов** – PhD, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики, г. Алматы; e-mail: Valeriy.Maximov@kaznu.kz.

**Ернар Медетулы\*** – магистрант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики, г. Алматы; e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru

### **Information about the authors**

**Alya Sandybaevna Askarova** – Professor, Doctor of Physics and Mathematics, al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Thermophysics and Technical Physics Department, Almaty; e-mail: Aliya.Askarova@kaznu.kz.

**Saltanat Alihanovna Bolegenova** – Professor, Doctor of Physics and Mathematics, al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Thermophysics and Technical Physics Department, Almaty; e-mail: Saltanat.Bolegenova@kaznu.kz

**Valery Yuiyivich Maximov** – PhD, al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Thermophysics and Technical Physics Department, Almaty; e-mail: Valeriy.Maximov@kaznu.kz

**Ernar Medetuly** – master student, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Thermophysics and Technical Physics Department, Almaty; e-mail: medetuli\_ernar@mail.ru.

Редакцияға енуі 27.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 29.04.2024

Жариялауға қабылданды 02.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-44



MPHTI: 55.22.23

**Н. Серікбекұлы<sup>1,2\*</sup>, К.Д. Орманбеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Шынарбек<sup>1,2</sup>, А.Ж. Жасулан<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Научный центр «Модификация поверхности материалов»

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4в

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0**

**Аннотация:** В данной статье исследуется влияние электролитической среды на структуру и фазовый состав фосфатно-кальциевых покрытий, полученных микродуговым оксидированием поверхности титанового сплава ВТ1-0. Представлены экспериментальные исследования на основе различных электролитических сред (например, водного раствора нитрата кальция и водного раствора фосфата аммония). Фазовый состав и морфология покрытий были проанализированы с помощью микроскопии и рентгеновского дифракционного анализа. На основании исследований ученых в этой области удалось оценить влияние электролитической среды на формирование фосфатных кальциевых покрытий и определить оптимальную среду для достижения определенных свойств покрытий. В заключение следует отметить, что данная работа вносит вклад в понимание процесса формирования поверхностных покрытий на титановых сплавах и может способствовать дальнейшим исследованиям в области модификации поверхности материалов.

**Ключевые слова:** реакция, кислоты, электролитическая среда, кальций-фосфатные покрытия, микродуговое оксидирование.

Титан и его сплавы широко используются в качестве конструкционных материалов благодаря своим свойствам, таким как коррозионная стойкость и высокая прочность.

Основной целью данной статьи является изучение структуры и фазового состава кальций-фосфатных покрытий на титановом сплаве ВТ1-0 в электролитически насыщенном и газонасыщенном состояниях при высокой температуре и высоком давлении.

Биосовместимые материалы и технологии их изготовления являются одним из ключевых направлений научно-производственного развития, что связано с потребностями практической медицины, нуждающейся в новом поколении имплантатов для восстановления и замещения биологической структуры и функции различных органов человеческого тела.

Покрытия из фосфата кальция, полученные методом микродугового оксидирования, могут быть использованы в нескольких областях на поверхности титановых сплавов ВТ1-0.

Одной из основных областей применения таких покрытий является медицина. Покрытия из фосфата кальция являются биосовместимыми, то есть хорошо взаимодействуют с тканями человека, не отторгаясь. Поэтому такие покрытия можно использовать для изготовления имплантатов, например, титановых протезов суставов и зубных имплантатов. Покрытие из фосфата кальция на поверхности титановых сплавов способствует срастанию имплантата с окружающими тканями и улучшает регенерацию костной ткани. Это покрытие обладает превосходной коррозионной стойкостью и защищает поверхность титановых сплавов от воздействия агрессивных сред, таких как кислоты и щелочи.

Использование фосфатных покрытий кальция на поверхности титанового сплава VT1-0 также улучшает механические свойства. Высокая твердость и износостойкость этого покрытия повышает долговечность и надежность изделий из титановых сплавов.

В целом, использование покрытий из фосфата кальция, полученных методом микродугового оксидирования, на поверхностях из титанового сплава VT1-0 дает множество преимуществ, включая биосовместимость, коррозионную стойкость и улучшение механических свойств [1].

В современной травматологии, ортопедии, стоматологии, и челюстно-лицевой хирургии широко применяются имплантаты для исправления дефектов костной ткани или замещения поврежденных тканей. Эти имплантаты, обычно изготовленные из металлических основ, включая титан и его сплавы, покрываются биосовместимыми материалами, обеспечивающими высокую совместимость с человеческим организмом. Среди методов обработки поверхности титана и его сплавов, а также других материалов, наиболее распространенным является нанесение тонких защитных покрытий из биологически инертных оксидов или биологически активных фосфатов кальция, которые позволяют изготавливать имплантаты, более близкие к биомиметическому материалу костной ткани. Для имплантатов со сложной геометрией наиболее перспективным методом является микродуговое оксидирование (МДО) в водном растворе электролитов.

Микродуговое оксидирование (МДО) выделяется как один из наиболее перспективных методов обработки поверхности материалов, позволяя получать multifunctionальные покрытия с уникальными свойствами. Его ключевая особенность заключается в использовании поверхностного микроразряда при формировании пленки, который играет важную роль в придании покрытию специфических характеристик. Долгосрочный опыт показывает, что среди множества его преимуществ, возможность формирования функциональных покрытий в электролитах на основе низкоконцентрированных щелочных растворов занимает особое место, подчеркивая его универсальность и эффективность [2].

Покрытия из фосфата кальция, полученные методом микродугового оксидирования, обладают рядом свойств, которые делают их привлекательными для различных технических и медицинских применений:

1. Биосовместимость: покрытия из фосфата кальция являются биосовместимыми и хорошо воспринимаются живыми тканями. Поэтому их можно использовать в медицинских имплантатах, таких как ортопедические и стоматологические.

2. Хорошая адгезия: микродуговые оксидные покрытия обладают хорошей адгезией к материалу подложки. Это обеспечивает стабильную и прочную связь между покрытием и поверхностью подложки.

3. Высокая твердость: покрытие из фосфата кальция имеет высокую твердость, близкую к твердости натурального костного материала. Это делает его идеальным для имплантатов, которые поддерживают и защищают поврежденную кость.

4. Химическая стабильность: покрытия из фосфата кальция, полученные методом микродугового оксидирования, химически стабильны. Они устойчивы к воздействию кислот и щелочей, их поверхность не разрушается и не корродирует.

5. Потенциал роста костей: покрытия, полученные методом микродугового оксидирования, обладают способностью стимулировать рост новых костей. Это свойство особенно полезно, когда покрытие используется в имплантатах, так как оно способствует быстрому заживлению и восстановлению поврежденной кости.

6. Экологичность: процесс микродугового оксидирования не требует использования вредных химикатов или высокой энергии для формирования покрытия из фосфата кальция. Это делает процесс экологически чистым.

В результате покрытия из фосфата кальция, полученные методом микродугового оксидирования, обладают многими полезными свойствами, которые делают их привлекательными для использования в медицине и других областях.

Метод МДО был разработан и широко использовался для нанесения защитных упрочняющих покрытий на титан, алюминий и другие вентильные металлы, но в последнее десятилетие он широко применяется для нанесения биоактивных покрытий из фосфата кальция, в основном на титан. В основном он применяется для титана [3-4].

Для полного понимания этого процесса рассмотрим пример Г.Г. Нечаева, ученого из Саратовского государственного технического университета. Для своих исследований ученый использовал образец прямоугольной пластины размером 10 x 10 x 2 мм из титанового сплава BT1-0. Микродуговое оксидирование он проводил в лабораторной ванне из нержавеющей стали, которая выступала в роли второго электрода, с плавной регулировкой тока и различными электрическими режимами. Электролит перемешивался сжатым воздухом и термостабилизировался путем подачи в ванну холодной воды через рубашку водяного охлаждения. Для процесса микродугового окисления был выбран щелочной раствор электролита, содержащий NaOH в концентрации 3 г/л. Образец погружали в раствор электролита, а затем подвергали микродуговому окислению. Процесс проводился в анодном режиме при плотности тока 90 А/дм<sup>2</sup> в течение 20 минут (величина тока 2,5 А). Образцы с покрытием промывались в холодной воде в течение 3-4 минут, а затем высушивались в сушильном шкафу в течение 1 часа. Микротвердость измерялась с помощью микротвердомера HVS-1000B, оснащенного системой видеоизмерений SP-5, при нагрузке 9,807 Н в течение 15 секунд. Измерения открытой пористости и контроль структуры поверхности проводились с помощью анализатора изображений AGPM-6M с программным обеспечением "Металлограф". Толщина покрытия измерялась в поперечном сечении с помощью микротвердомера HVS-1000B. Изменения геометрии образцов исследовали путем измерения линейных размеров образцов до и после процесса МДО с помощью микрометра типа МКЦ-0-25-0,001.

Процесс МДО в растворе NaOH проходил равномерно по всей поверхности; визуальный осмотр поверхности после МДО показал, что на образцах образовалось сплошное, однородное серо-голубое покрытие без трещин и обломков. При снижении тока до 1 А процесс продолжался в течение 15 минут без микродуговых разрядов; через 15 минут на поверхности появились микроразряды, и только через 4 минуты после первого микроразряда процесс распространился по всей поверхности. Однако количество микроразрядов было очень мало. При дальнейшем уменьшении силы тока микроразряды больше не возникали.

Результаты Г.Г. Нечаева в инструментальном исследовании образцов перед процессом МДО и сформированного покрытия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений характеристик МДО покрытия [15]

Измеряемая характеристика	Значение характеристики	
	с покрытием	без покрытия
Шероховатость: $R_a$ , мкм	1.37	0.79
$R_z$ , мкм	15	10.1
Пористость, %	45	—
Микротвердость, HV, кгс/мм <sup>2</sup>	271	225
Толщина покрытия, мкм	95 ± 10	—
Толщина образца, мм	1,51	1,49

Известен ряд работ, посвященных разработке и изучению покрытий на основе фосфата кальция, и полученные таким образом покрытия на титане обладают хорошими физико-химическими свойствами, включая высокую коррозионную стойкость, износостойкость, твердость и химическую стабильность в агрессивных средах. Эти свойства были продемонстрированы [5]. Однако существуют некоторые проблемы в области медицинского материаловедения. с увеличением толщины (до 100 мкм) и пористости покрытий из фосфата кальция повышается их биоактивность, osteoconductive и osteoinductive способности, но снижается механическая прочность и прочность сцепления с подложкой. Поэтому разработка биопокрытий с оптимальным сочетанием высокой адгезионной прочности, толщины, пористости и шероховатости является актуальной задачей в области медицинского материаловедения.

В основном, микродуговое окисление осуществляется в устройстве MicroArc-3.0 в электролите на основе водного раствора ортофосфорной кислоты, гидроксиапатита и карбоната кальция.

МДО проводится в анодном режиме при напряжениях 150, 200, 250, 300, 350 и 400 В. Другие электрофизические параметры: длительность импульса – 100 мкс, частота – до 50 Гц, время воздействия – до 10 минут. Морфология поверхности покрытий из фосфата кальция изучается с помощью оптической микроскопии на металлургическом микроскопе Olympus GX-71 и сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе SEM 515 (Philips). Размер структурных элементов – сферул и пор – измерялся стандартным методом «позитивного среза». Общая пористость оценивается металлографическим методом как отношение общей длины поперечного сечения, соответствующего порам, к общей длине линии среза [5]. Параметр шероховатости Ra измеряется с помощью прибора Profilometer-296 и представляет собой результат усреднения шероховатости по нескольким участкам измерения длины. Для оценки адгезии покрытия к подложке используется «метод отрыва» на тестере Instron 1185, а рентгенодифракционный анализ проводили на дифрактометре BRUKER D8 Advance с угловым диапазоном  $2\theta$  5 - 90°, шагом сканирования 0,01° и линией Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5405$  нм) Инфракрасные спектры измеряются с помощью Фурье-преобразования Инфракрасные спектры измерялись с помощью Фурье-спектрометра BIO RAD FTS 175 в диапазоне длин волн 4000 – 400 см<sup>-1</sup>. Образцы представляют собой хлопья материала покрытия, предварительно снятые и тонко измельченные с металлической подложки в бромистом калии KBr [6].

На первом рисунке показана амплитуда тока в зависимости от времени осаждения для пленок фосфата кальция при различных напряжениях. Было обнаружено, что микроискровой разряд, приводящий к формированию покрытия, возникает при начальном значении 150 В, которое является начальным значением напряжения микродугового процесса. Начальный амплитудный ток составлял 20 А. Однако через 1,5 минуты после приложения напряжения ток падал до нуля, что свидетельствовало об образовании диэлектрической пленки; при напряжениях от 200 до 300 В начальный ток возрастал до 80-200 А. Максимальное время образования пленки фосфата кальция составляло 10 минут; при напряжении 400 В максимальный ток составлял 400 А. При этом амплитудный ток падал до 90 А на пятой минуте приложения напряжения и далее оставался практически постоянным. В этом случае амплитуда тока снизилась до 90 А на 5-й минуте приложения напряжения и в дальнейшем оставалась практически постоянной.

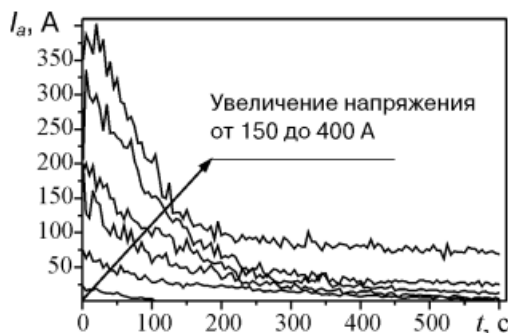


Рисунок 1 – Зависимость амплитудного тока от времени нанесения микродугового покрытия

Второй рисунок показывает, что при увеличении напряжения от 150 В до 350 В размер сферы увеличился почти линейно от 5 мкм до 30 мкм, а размер пор – от 1,5 мкм до 12 мкм. При увеличении напряжения до 400 В средний размер сферы уменьшился до 26 мкм, а размер пор – до 9 мкм. Общая пористость покрытия из фосфата кальция увеличилась с 20 до 25% при увеличении напряжения со 150 до 250 В, но при дальнейшем увеличении напряжения снизилась до 18%.

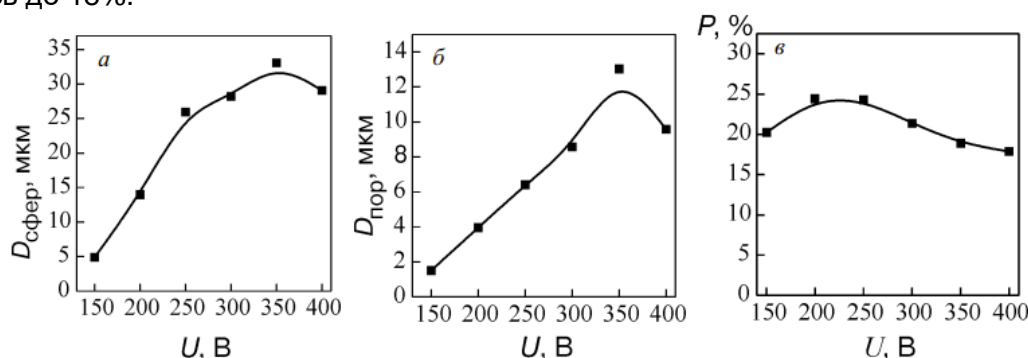


Рисунок 2 – Размер сферолитов (а), размер пор (б) и общая пористость поверхности (в) покрытий из фосфата кальция в зависимости от приложенного напряжения

Таким образом, исследование влияния напряжения микродугового оксидирования на свойства покрытий позволяет получить биопокрытия с оптимально сочетающимися физико-химическими характеристиками: высокой адгезионной прочностью, толщиной, пористостью и шероховатостью. Биопробы, проведенные учеными Института физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск) Е.В. Легостаевым, Е.Г. Комаровой, Ю.П. Шаркеевым и П.В. Уваркиным на полученных покрытиях, показали, что сразу после нанесения покрытия находились в рентгеноаморфном состоянии и имели высокую скорость реабсорбции. Биологические свойства полученных покрытий с оптимальными характеристиками были изучены в культурах фибробластов *in vitro* [7].

Использование титановых изделий в различных отраслях промышленности может потребовать дополнительных свойств, не зависящих от основного материала. Поэтому поверхность титановых изделий оксидируют для получения высокотемпературных титановых сплавов со специальной микроструктурой, упрочненных и модифицированных сплавов и надежных защитных покрытий [8].

Усиление условий эксплуатации и требований к конструкционным материалам подчеркивает важность нашего исследования, направленного на изучение и применение микродугового оксидирования для создания защитных и упрочняющих покрытий. Методика, демонстрирующая значительные перспективы в улучшении характеристик титановых сплавов, представляет собой ответ на современные технологические вызовы, включая повышенную агрессивность рабочих сред [9].

Микродуговое оксидирование (МДО) может формировать анодный слой на металлах и сплавах вентильной группы (например, Al, Tg, Xt, Y), которые содержат как оксиды основного металла, так и оксиды или соединения, основанные на составе электролита [10-11]. Однако технология МДО не обеспечивает такой же износостойкости, поскольку твердость упрочненного оксидного слоя уменьшается по мере приближения к поверхностному слою основного металла. Неравномерное распределение твердости может привести к сильному износу сопряженных деталей в процессе эксплуатации, особенно в период приработки.

На основании исследований других ученых можно сделать вывод, что износостойкость оксидного слоя зависит от шероховатости поверхности и микротвердости оксидного слоя, которые влияют на величину коэффициента трения, а также от параметров МДО и состава электролита. Сравнительная оценка износостойкости оксидных слоев на титане BT1-0 показала, что КМ с оксидным покрытием обладает более высокой износостойкостью, чем материал без покрытия. Наименьший износ наблюдался в основном оксидном слое, а



наибольший – в рыхлом поверхностном слое. Измерения показали, что микротвердость коррелирует с износостойкостью оксидного слоя [12].

Одна из основных функций покрытий из диоксида титана – формирование крошечных выступов на поверхности. На ранних стадиях формирования покрытия можно наблюдать образование небольших выступов, покрытых частицами оксида. По мере продвижения процесса выступы становятся более выраженными, образуя микротрубочки и поры, пронизывающие покрытие. Кроме того, можно наблюдать появление так называемых «островков» на поверхности. На этих «островках» процесс окисления протекает более интенсивно и образуется более плотное и толстое покрытие, чем на окружающей поверхности [13].

Морфологические и структурные изменения в процессе микродугового оксидирования титана играют важную роль в определении свойств покрытия, таких как адгезия, устойчивость к трению и коррозионная стойкость. Понимание этих изменений может помочь оптимизировать процесс формирования покрытия и разработать материалы с желаемыми свойствами для различных промышленных применений [14-15].

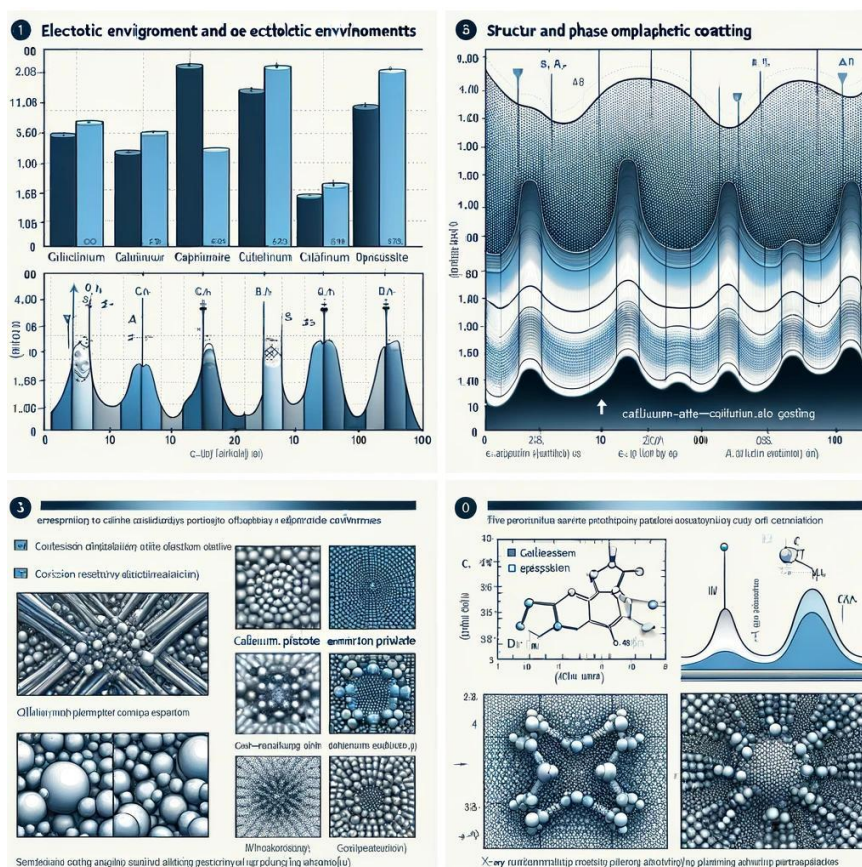


Рисунок 3 – Иллюстративные материалы, отражающие результаты экспериментов

1. **Диаграмма сравнения прочности адгезии покрытий.** Эта диаграмма представляет собой столбчатую диаграмму, которая сравнивает прочность адгезии покрытий, полученных в различных электролитических средах. Прочность адгезии измеряется в МПа, и каждый столбец представляет собой различные электролитические среды, такие как водный раствор нитрата кальция и водный раствор фосфата аммония.

2. **Линейный график коррозионной стойкости покрытий.** Этот график демонстрирует коррозионную стойкость покрытий со временем в солевом растворе. Ось Y отражает степень коррозионных повреждений, а ось X – время в днях. График позволяет оценить долговечность покрытий в агрессивных условиях.

**3. Схематическое представление рентгеновских дифракционных паттернов.** Эта диаграмма показывает различные фазовые составы в покрытиях, произведенных в растворах кальция нитрата и фосфата аммония. Рентгеновские дифракционные паттерны иллюстрируют, как электролитическая среда влияет на кристаллическую структуру покрытий. Эти иллюстрации важны для демонстрации научных результатов исследования, так как они наглядно показывают, как выбор электролитической среды может влиять на характеристики и свойства фосфатно-кальциевых покрытий. Включение таких графических материалов делает статью более информативной и убедительной для читателей, заинтересованных в разработке и применении инновационных покрытий в медицине и других областях.

Результаты показали, что физико-химические комплексы кальций-фосфатных покрытий играют важную роль в формировании трехмерных структур в культуре клеток, будучи способными одновременно растворять искусственные поверхности (функция остеокластов) и синтезировать новый межклеточный матрикс из продуктов растворения (функция остеобластов). Таким образом, эффективность покрытий из фосфата кальция в улучшении остеоинтеграции была продемонстрирована с помощью биоиспытаний. Данное покрытие может быть использовано в медицинской практике в качестве биологического покрытия на титановых подложках.

### Список литературы

1. Синтез керамикоподобных покрытий при плазменно-электролитической обработке вентильных металлов / И.В. Суминов и др. // Известия АН. Серия Физическая. – 2000. – Т. 64, № 4, С. 763-766.
2. Плазменно-электролитическое оксидирование вентильных металлов в электролитах с соединениями Zr(IV) / В.С. Руднев и др. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 380-386.
3. Мамаев А.И. Сильноточковые процессы в растворах электролитов / А.И. Мамаев, В.А. Мамаева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005, 255 с.
4. Гордиенко П.С. Микродуговое оксидирование титана и его сплавов / П.С. Гордиенко, С.В. Гнеденков. – Владивосток: Дальнаука, 1997, 186 с.
5. Методы исследований материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий / Л.И. Тушинский и др. – М.: Мир, 2004, 384 с.
6. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит. – М.: Мир, 1982, 327 с.
7. Пилотное исследование *in vitro* параметров искусственной ниши для остеогенной дифференцировки пула стромальных стволовых клеток человека / И.А. Хлусов и др. // Клеточные технологии в биологии и медицине. – 2010. – № 4. – С. 216-224.
8. Николаев А.В. Новое явление в электролизе / А.В. Николаев, Г.А. Марков, Б.И. Пещевецкий // Известия СО АН СССР. Серия химических наук. – 1977. – Вып. 5. – № 12. – С. 32-33.
9. Тихоненко В.В. Упрочняющие технологии формирования износостойких поверхностных слоев / В.В. Тихоненко, А.М. Шкилько // Фізична інженерія поверхш. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 237-243.
10. Черненко В.И. Получение покрытий анодно-искровым электролизом / В.И. Черненко, Л.А. Снежко, И.И. Папанова. – Л.: Химия, 1991. – 128 с.
11. Гордиенко П.С. Влияние ионного состава электролита и режима оксидирования на фазовый и элементный состав покрытий, полученных на металлах / П.С. Гордиенко, О.А. Хрисанфова // ДВО АН СССР. Ин-т химии. – Владивосток, 1989. – 70 с.
12. Казанцев, И.А. Технология получения композиционных материалов микродуговым оксидированием: монография / И.А. Казанцев, А.О. Кривенков. – Пенза: Информационно-издательский центр ПГУ, 2007. – 240 с.
13. Исследование керамикоподобных покрытий, формируемых на алюминиевых композитах методом микродугового оксидирования / С.В. Савушкина и др. // XIV-я международная научно-техническая конференция «Быстрозакаленные материалы и покрытия». 29-30 ноября 2016 года. – Litres, 2022. – С. 87.

14. Дударева Н.Ю. Влияние режимов микродугового оксидирования на свойства формируемой поверхности / Н.Ю. Дударева // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17, № 3(56). – С. 217-222.
15. Нечаев Г.Г. Электрохимические и электролитноплазменные методы модификации металлических поверхностей / Г.Г. Нечаев, С.С. Попова // Материалы III Международной науч.-техн. конф. Кострома, 2010. – С. 270.

### References

1. Sintez keramikopodobnykh pokrytii pri plazmenno-ehlektroliticheskoj obrabotke ventil'nykh metallov / I.V. Suminov i dr. // Izvestiya AN. Seriya Fizicheskaya. – 2000. – Т. 64, № 4, S. 763-766. (In Russian).
2. Plazmenno-ehlektroliticheskoe oksidirovanie ventil'nykh metallov v ehlektrolitakh s soedineniyami Zr(IV) / V.S. Rudnev i dr. // Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 380-386. (In Russian).
3. Mamaev A.I. Sil'notokovye protsessy v rastvorakh ehlektrolitov / A.I. Mamaev, V.A. Mamaeva. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2005, 255 s. (In Russian).
4. Gordienko P.S. Mikrodugovoe oksidirovanie titana i ego splavov / P.S. Gordienko, S.V. Gnedenkova. – Vladivostok: Dal'nauka, 1997, 186 s. (In Russian).
5. Metody issledovaniya materialov: Struktura, svoystva i protsessy naneseniya neorganicheskikh pokrytii / L.I. Tushinskii i dr. – M.: Mir, 2004, 384 s. (In Russian).
6. Smit A. Prikladnaya IK-spektroskopiya / A. Smit. – M.: Mir, 1982, 327 s. (In Russian).
7. Pilotnoe issledovanie in vitro parametrov iskusstvennoi nishi dlya osteogennoi differentsirovki pula stromal'nykh stvolovykh kletok cheloveka / I.A. Khlusov i dr. // Kletochnye tekhnologii v biologii i meditsine. – 2010. – № 4. – С. 216-224. (In Russian).
8. Nikolaev A.V. Novoe yavlenie v ehlektrolize / A.V. Nikolaev, G.A. Markov, B.I. Peshchevitskii // Izvestiya SO AN SSSR. Seriya khimicheskikh nauk. – 1977. – Vyp. 5. – № 12. – С. 32-33. (In Russian).
9. Tikhonenko V.V. Uprochnyayushchie tekhnologii formirovaniya iznosostoikikh poverkhnostnykh sloev / V.V. Tikhonenko, A.M. Shkil'ko // Fizichna inzheneriya poverkhsh. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 237-243. (In Russian).
10. Chernenko V.I. Poluchenie pokrytii anodno-iskrovym ehlektrolizom / V.I. Chernenko, L.A. Snezhko, I.I. Papanova. – L.: Khimiya, 1991. – 128 s. (In Russian).
11. Gordienko P.S. Vliyaniye ionnogo sostava ehlektrolita i rezhima oksidirovaniya na fazovyi i ehlementnyi sostav pokrytii, poluchennykh na metallakh / P.S. Gordienko, O.A. Khrisanfova // DVO AN SSSR. In-t khimii. – Vladivostok, 1989. – 70 s. (In Russian).
12. Kazantsev, I.A. Tekhnologiya polucheniya kompozitsionnykh materialov mikrodugovym oksidirovaniem: monografiya / I.A. Kazantsev, A.O. Krivenkov. – Penza: Informatsionno-izdatel'skii tsentr PGU, 2007. – 240 s. (In Russian).
13. Issledovanie keramikopodobnykh pokrytii, formiruemykh na alyuminievykh kompozitakh metodom mikrodugovogo oksidirovaniya / S.V. Savushkina i dr. // XIV-ya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Bystrozakalennyye materialy i pokrytiYA». 29-30 noyabrya 2016 goda. – Litres, 2022. – С. 87. (In Russian).
14. Dudareva N.YU. Vliyaniye rezhimov mikrodugovogo oksidirovaniya na svoystva formiruemoi poverkhnosti / N.YU. Dudareva // Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – Т. 17, № 3(56). – С. 217-222. (In Russian).
15. Nechaev G.G. Ehlektrokhimicheskie i ehlektrolitoplazmennyye metody modifikatsii metallicheskikh poverkhnostei / G.G. Nechaev, S.S. Popova // Materialy III Mezhdunarodnoi nauch.-tekhn. konf. Kostroma, 2010. – С. 270. (In Russian).

### Информация о финансировании

*Работа выполнена в рамках проекта гранатового финансирования Комитета науки МНВО РК AP13068529 «Получение многофункциональных кальций-фосфатных покрытий с наночастицами диоксида титана методом плазменно-электролитического оксидирования».*

**Н. Серікбекұлы\*, К.Д. Орманбеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Шынарбек<sup>1,2</sup>, А.Ж. Жасұлан<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

<sup>2</sup>«Материалдар бетінің түрлендіру» ғылыми орталығы  
Қазақстан Республикасы, Семей қ., Физкультурная к-сі, 4в

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## **VT1-0 ТИТАН ҚОРЫТПАСЫНЫҢ БЕТІНДЕГІ МИКРОДОҒАЛЫҚ ТОТЫҒУ ӘДІСІ БОЙЫНША АЛЫНҒАН КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТТЫ ЖАБЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫНА ЭЛЕКТРОЛИТТЫҚ ОРТАНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Бұл мақалада VT1-0 титан қорытпасының бетінің микродоғалық тотығуы нәтижесінде алынған кальций фосфатты жабындарының құрылымы мен фазалық құрамына электролиттік ортаның әсері қарастырылады. Әртүрлі электролиттік орталарды (мысалы, кальций нитратының және аммоний фосфатының ерітіндісі) қолданатын эксперименттік зерттеулер ұсынылған. Жабындардың фазалық құрамы мен морфологиясы микроскопиялық және рентгендік дифракциялық талдау арқылы алынады. Осы саладағы ғалымдардың зерттеулері негізінде кальций фосфатты жабындарының түзілуіне электролиттік ортаның әсерін бағалауға және жабынның белгілі бір қасиеттеріне қол жеткізу үшін оңтайлы ортаны анықтауға мүмкіндік туды. Қорытындылай келе, бұл жұмыс титан қорытпаларында беттік жабындардың пайда болуын түсінуге ықпал ететінін және материалдардың беттік модификациясы саласындағы одан әрі зерттеулерге ықпал ете алатынын атап өткен жөн.

**Түйін сөздер:** реакция, қышқылдар, электролиттік орта, кальций фосфатты жабындары, микродоғалық тотығу.

**N. Serikbekuly<sup>1,2\*</sup>, K.D.Ormanbekov<sup>1,2</sup>, A.B. Shynarbek<sup>1,2</sup>. A.Zh. Zhassulan<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

<sup>2</sup>Scientific center «Surface modification of materials»  
Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya str., 4b

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## **STUDYING THE INFLUENCE OF ELECTROLYTIC MEDIUM ON THE STRUCTURAL-PHASE COMPOSITION OF CALCIUM-PHOSPHATE COATINGS OBTAINED BY THE METHOD OF MICROARC OXIDATION ON THE SURFACE OF TITANIUM ALLOY VT1-0**

*This article examines the influence of the electrolytic environment on the structure and phase composition of calcium phosphate coatings obtained by microarc oxidation of the surface of VT1-0 titanium alloy. Experimental studies using different electrolytic media (eg, aqueous calcium nitrate and aqueous ammonium phosphate) are presented. The phase composition and morphology of the coatings were analyzed using microscopy and X-ray diffraction analysis. Based on the research of scientists in this field, it was possible to evaluate the influence of the electrolytic environment on the formation of calcium phosphate coatings and determine the optimal environment for achieving certain coating properties. In conclusion, it should be noted that this work contributes to the understanding of the formation of surface coatings on titanium alloys and can contribute to further research in the field of surface modification of materials.*

**Key words:** reaction, acids, electrolytic environment, calcium phosphate coatings, microarc oxidation.

### **Сведения об авторах**

**Айнур Жасулановна Жасулан** – магистр естественных наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Старший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Куаныш Даулетович Орманбеков** – магистр технических наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru.

**Айбек Бакытжанович Шынарбек** – магистрант специальности «Машиностроение»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: shynarbekov16@mail.ru.

**Нұржан Серікбекұлы\*** – магистрант специальности «Техническая физика»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Айнұр Жасұланқызы Жасұлан** – жаратылыстану ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетінің түрлендіру» ҒО аға ғылыми қызметкері; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Қуаныш Даулетович Орманбеков** – техника ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетін өзгерту» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru.

**Айбек Бақытжанұлы Шынарбек** – «Машина жасау» мамандығының магистранты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетінің модификациясы» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

**Нұржан Серікбекұлы\*** – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетінің модификациясы» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

### Information about the authors

**Ainur Zhassulankyzy Zhassulan** – Master of natural science; «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; senior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Kuanysh Dauletovich Ormanbekov** – Master of technical science; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru.

**Aibek Bakhytzhanyky Shynarbek** – Master's student of the specialty «Mechanical Engineering»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

**Nurzhan Serikbekuly\*** – Master's student of the specialty «Technical Physics»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Поступила в редакцию 06.02.2024

Поступила после доработки 13.03.2024

Принята к публикации 18.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-45

МРНТИ: 44.31.31



**О.А. Степанова, М.К. Касенғалиев, Т.Н. Умыржан\*, А.Р. Хажидинова**

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ НЕПРОЕКТНОГО УГЛЯ

**Аннотация:** Сжигание угля остается важным источником энергии, несмотря на его экологические недостатки. В данной работе исследуется эффективность сжигания непроектного угля марки Д из разреза Каражыра на ТЭЦ-1 города Семей. Целью исследования является оптимизация процессов сжигания для повышения эффективности работы котла Е-90-3,9/440. Метод исследования включает экспериментально-теоретический подход, с акцентом на составление теплового баланса и расчет коэффициента полезного действия (КПД) методом обратного баланса.

Анализ полученных данных показывает, что при увеличении теплопроизводительности котла наблюдается параллельный рост расхода топлива и КПД, указывающий на улучшение эффективности работы котельного агрегата. Выявлено, что при достижении теплопроизводительности в 220 ГДж/ч происходит значительный скачок КПД, свидетельствующий о переходе котла в более оптимальный режим. Этот результат подтверждает не только значительный потенциал для повышения энергетической эффективности, но и стабильность топливных затрат при изменении нагрузок на котельный агрегат.

Таким образом, оптимизация процессов сжигания непроектного угля марки Д является важным шагом для сокращения негативного воздействия на окружающую среду и повышения энергетической эффективности. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к еще более значимым улучшениям в работе котельных агрегатов и сокращению выбросов вредных веществ.

**Ключевые слова:** сжигание угля, непроектный уголь, оптимизация процессов, тепловой баланс, коэффициент полезного действия (КПД), котел Е-90-3,9/440, теплопроизводительность.

## Введение

Сжигание угля является одним из основных источников энергии, широко применяемым в различных отраслях промышленности и энергетики. Неоспоримое значение этого ископаемого обусловлено его доступностью, относительно низкой стоимостью и способностью обеспечивать стабильное производство энергии. Тем не менее, сопутствующие процессы сжигания угля часто ассоциируются с серьезными экологическими проблемами, включая выбросы парниковых газов, тяжелые металлы, оксиды азота и серы, а также образование твердых частиц, что может иметь негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды. Одним из наиболее актуальных вопросов в современном научном и промышленном контексте является исследование эффективности сжигания непроектного угля.

Исследование эффективности сжигания не проектного угля имеет важное значение не только с точки зрения обеспечения энергетической безопасности, но и с точки зрения сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

Оптимизация процессов сжигания непроектного угля включает в себя несколько аспектов, начиная от технологий очистки и подготовки угля до разработки эффективных методов сжигания с минимальными выбросами вредных веществ. Использование современных технологий, таких как сжигание, в котлах с высокой эффективностью и установки для очистки отходов, может значительно повысить эффективность использования непроектного угля. Понимание характеристик и потенциала непроектного угля в качестве источника энергии позволит разработать эффективные технологии его сжигания, снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить общую энергетическую эффективность [1,2].

Поэтому исследование процессов сжигания непроектного угля, с целью повышения эффективности работы котлоагрегатов остается важной задачей в целом для зарубежья и Республики Казахстан [3-10].

## Постановка задачи

В качестве объекта исследования рассматривался непроектный уголь разреза Каражыра марки Д.

Цель работы – оптимизация процессов сжигания непроектного угля на ТЭЦ-1 города Семей для повышения эффективности работы котла Е-90-3,9/440.

Метод исследования – экспериментально-теоретический.

Состав непроектного угля разреза Каражыра марки Д представлен в рисунке 1.

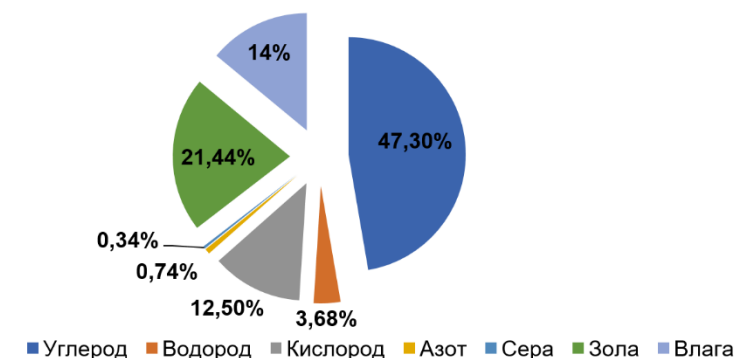


Рисунок 1 – Состав угля разреза Каражыра марки Д

### Результаты исследований

В процессе эксплуатации котельного агрегата невозможно избежать различных тепловых потерь. Для оценки их влияния на эффективность работы требуется расчет коэффициента полезного действия (КПД). Для этого составляется тепловой баланс системы. Коэффициент полезного действия  $\eta_{бр}$ , %, рассчитывается методом обратного баланса.

$$\eta_{ка}^{бр} = 100 - \sum q_{пот} \quad (1)$$

где  $\sum q_{пот}$  – сумма потерь котельного агрегата, состоящая из потерь с теплом уходящих газов [11].

На рисунке 2 показаны зависимости КПД брутто и теплопроизводительности котла в зависимости от расхода топлива.

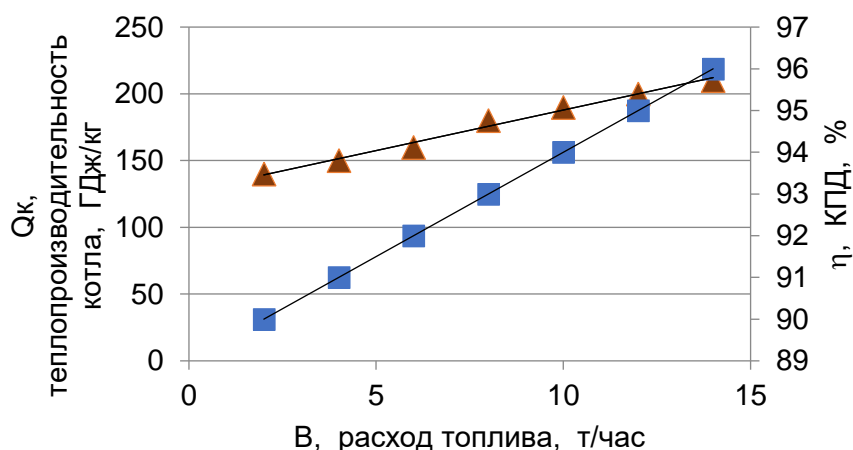


Рисунок 2 – КПД брутто и теплопроизводительность котла в зависимости от расхода топлива

В результате математической обработки были получены следующие уравнения:

– изменение теплопроизводительности котла  $Q_k$ , ГДж/кг, в зависимости от расхода топлива  $V$ , т/час

$$Q_k = 6,0714V + 127,14 \quad (2)$$

– изменение коэффициента полезного действия  $\eta$ , %, в зависимости от расхода топлива  $V$ , т/час

$$\eta_{бр.т.} = 0,5V + 89 \quad (3)$$

где  $V$  – расход топлива, т/час.

Из анализа математической обработки данных следует, что с увеличением расхода топлива, происходит равномерное увеличение, как КПД брутто, так и теплопроизводительности котла. Экстраполяция данных дала предположение о возможной максимальной теплопроизводительности котла, которая составила 220 ГДж/ч при оптимальных параметрах КПД и расхода топлива.

### Выводы

Анализ предоставленных данных, как видно на рисунке 2, показывает важные закономерности в работе котельного агрегата при изменении теплопроизводительности. Основные наблюдения следующие:

Параллельный рост расхода топлива и КПД:

– при увеличении теплопроизводительности котельного агрегата, наблюдается параллельный рост, как расхода топлива, так и КПД. Это означает, что при увеличении тепловой нагрузки котел работает более эффективно, несмотря на увеличенные затраты на

Экстраполяция данных:

– проведенная экстраполяция данных предполагает, что максимальная теплопроизводительность котла может составлять 220 ГДж/ч при оптимальных параметрах. Это значение является теоретическим и указывает на предельные возможности котла при данных условиях;

Линейное изменение расхода топлива:

– изменение расхода топлива происходит равномерно и линейно. Линейный характер зависимости расхода топлива от теплопроизводительности указывает на стабильность и предсказуемость топливных затрат при изменении нагрузок. При этом коэффициент линейной детерминации  $R^2$  выше 0,9, что с точки зрения статистики, говорит о достаточно высокой достоверности полученных сравнительных уравнений.

### Список литературы

1. Численное исследование топочных процессов при сжигании непроектных углей в котле производительностью 220 т/ч / К.И. Мальцев и др. // Теплоэнергетика. – 2022. – № 12. – С. 73-83. DOI: <https://doi.org/10.56304/S0040363622110042>.
2. Проблемы перевода угольных ТЭЦ на непроектные топлива / А.И. Матюшенко и др. // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 36-43. DOI: <https://doi.org/10.34831/EP.2022.10.67.005>.
3. К вопросу эффективного сжигания непроектного топлива угля разреза Каражыра / А.Р. Хажидинова и др. // Вестник НЯЦ РК. – 2023. № 2. – С. 58-65. DOI: <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-2-58-65>.
4. Анализ эффективности работы котельных агрегатов при работе на непроектном топливе / А.Е. Мейірханова и др. // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 16-17 декабря 2020 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – С. 124-1–124-4.
5. Бектемисов А.А. Влияние теплопроизводительности котельного агрегата на коэффициент избытка воздуха в вихревой зоне топки / А.А. Бектемисов, А. Мануленко // Энергия-2021: Шестнадцатая всероссийская (восьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. В 6 т., Иваново, 06–08 апреля 2021 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетич. унив-т им. В.И. Ленина, 2021. – С. 7.
6. Процессы сжигания в камерной топке с тангенциально закрученным вихрем / А.В. Гиль и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. –2024. – Т. 335, № 2. – С. 7-16. DOI: <https://doi.org/10.18799/24131830/2024/2/4475>.
7. Мочалов, Д.Ю. Перевод котла ТПЕ-215 Хабаровской ТЭЦ на непроектный уголь / Д.Ю. Мочалов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов Двадцать девятой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 16-18 марта 2023 года. – Москва: ООО Центр полиграфических услуг «РАДУГА», 2023. – С. 985.
8. Investigation into the Influence of Temperature on the Formation of Nitrogen Oxides during the Staged Combustion of Low-Reactive Coal with the Use of Direct-Flow Burners / V. Prokhorov et al // Therm. Eng. – 2023. – № 70. – P. 711-718. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0040601523090057>.
9. Influence of combustion system retrofit on NOx formation characteristics in 300 MWe tangentially fired furnace / L. Shi et al // Wang, Appl. Therm. Eng. – 2016. – № 98. – P. 766–777.
10. Influence of increased primary air ratio on boiler performance in a 660 MW brown coal boiler / Z. Li et al // Energy/ – 2018. – № 152. P. 804-817.
11. Тепловой поверочный расчет паровых котлов на ПЭВМ: методические указания / составители Б.Л. Шельгин [и др.]. – Иваново: ИГЭУ, 2021. – 44 с.

### References

1. Chislennoe issledovanie topochnykh protsessov pri szhiganii neproektnykh uglei v kotle proizvoditel'nost'yu 220 t/ch / K.I. Mal'tsev i dr. // Teploehnergetika. – 2022. – № 12. – S. 73-83. DOI: <https://doi.org/10.56304/S0040363622110042>. (In Russian).



2. Problemy perevoda ugol'nykh TEHTS na neproektnye topliva / A.I. Matyushenko i dr. // Promyshlennaya ehnergetika. – 2022. – № 4. – S. 36-43. DOI: <https://doi.org/10.34831/EP.2022.10.67.005>. (In Russian).
3. K voprosu ehffektivnogo szhiganiya neproektnogo topliva uglya razreza Karazhyra / A.R. Khazhidinova i dr. // Vestnik NYATS RK. – 2023. № 2. – S. 58-65. DOI: <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-2-58-65>. (In Russian).
4. Analiz ehffektivnosti raboty kotel'nykh agregatov pri rabote na neproektnom toplive / A.E. Meiirkhanova i dr. // Ehnergetika i ehnergoberezhenie: teoriya i praktika: Sbornik materialov V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Kemerovo, 16–17 dekabrya 2020 goda. – Kemerovo: Kuzbasskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2020. – S. 124-1–124-4. (In Russian).
5. Bektemisov A.A. Vliyanie teploproduktivnosti kotel'nogo agregata na koehffitsient izbytkha vozdukhha v vikhrevoi zone topki / A.A. Bektemisov, A. Manulenko // Ehnergiya-2021: Shestnadtsataya vserossiiskaya (vos'maya mezhdunarodnaya) nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. V 6 t., Ivanovo, 06–08 aprelya 2021 goda. Tom 1. – Ivanovo: Ivanovskii gosudarstvennyi ehnergetich. univ-t im. V.I. Lenina, 2021. – S. 7. (In Russian).
6. Protsessy szhiganiya v kamernoi topke s tangentsial'no zakruchennym vikhrem / A.V. Gil' i dr. // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. –2024. –T. 335, № 2. – S. 7-16. DOI: <https://doi.org/10.18799/24131830/2024/2/4475>. (In Russian).
7. Mochalov, D.YU. Perevod kotla TPE-215 Khabarovskoi TEHTS na neproektnyi ugol' / D.YU. Mochalov // Radioehlektronika, ehlektrotekhnika i ehnergetika: Tezisy dokladov Dvadsat' devyatoi Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i aspirantov, Moskva, 16-18 marta 2023 goda. – Moskva: OOO Tsentр poligraficheskikh uslug «RADUGA», 2023. – S. 985. (In Russian).
8. Investigation into the Influence of Temperature on the Formation of Nitrogen Oxides during the Staged Combustion of Low-Reactive Coal with the Use of Direct-Flow Burners / V. Prokhorov et al // Therm. Eng. – 2023. – № 70. – R. 711-718. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0040601523090057>. (In English).
9. Influence of combustion system retrofit on NOx formation characteristics in 300 MWe tangentially fired furnace / L. Shi et al // Wang, Appl. Therm. Eng. – 2016. – № 98. – R. 766–777.
10. Influence of increased primary air ratio on boiler performance in a 660 MW brown coal boiler / Z. Li et al // Energy/ – 2018. – № 152. R. 804-817. (In English).
11. Teplovoi poverochnyi raschet parovykh kotlov na PEHVM: metodicheskie ukazaniya / sostaviteli B.L. Shelygin [i dr.]. – Ivanovo: IGEHU, 2021. – 44 s. (In Russian).

**О.А. Степанова, М.К. Касенғалиев, Т.Н. Умыржан\*, А.Р. Хажидинова**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

### **ЖОБАЛЫҚ ЕМЕС КӨМІРДІ ЖАНУ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ**

*Көмірді жағу өзінің экологиялық қолайсыздығына қарамастан маңызды энергия көзі болып қала береді. Бұл жұмыста Семей қаласының ЖЭО-1 Қаражыра разрезінен жобалық емес D маркалы көмірді жағу тиімділігі қарастырылған. Зерттеудің мақсаты – E-90-3,9/440 қазандығының тиімділігін арттыру үшін жану процестерін оңтайландыру. Зерттеу әдісіне термиялық балансты құруға және кері баланс әдісін қолдану арқылы өнімділік коэффициентін есептеуге баса назар аударып, эксперименталды-теориялық тәсіл кіреді.*

*Алынған мәліметтерді талдау қазандықтың қыздыру өнімділігінің ұлғаюымен отын шығыны мен тиімділігінің параллельді жоғарылауы бар екенін көрсетеді, бұл қазандық қондырғысының жұмыс тиімділігінің жақсарғанын көрсетеді. Жылыту өнімділігі 220 ГДж/сағ жеткенде қазандықтың оңтайлы режимге көшуін көрсететін тиімділіктің айтарлықтай секіретіні анықталды. Бұл нәтиже энергия тиімділігін арттырудың маңызды әлеуетін ғана емес, сонымен қатар қазандық қондырғысына жүктеме өзгерген кезде отын шығындарының тұрақтылығын растайды.*

*Осылайша, жобаланбаған D маркалы көмірдің жану процестерін оңтайландыру қоршаған ортаға теріс әсерді азайту және энергия тиімділігін арттыру үшін маңызды қадам болып*

табылады. Осы саладағы әрі қарай зерттеулер қазандық қондырғыларының жұмысын одан да айтарлықтай жақсартуға және зиянды заттардың шығарындыларын азайтуға әкелуі мүмкін.

**Түйін сөздер:** көмірді жағу, жобалық емес көмір, технологиялық процесті оңтайландыру, жылу балансы, өнімділік коэффициенті (ПӘК), Семей ЖЭО-1, қазандық Е-90-3,9/440, жылу қуаты, экологиялық қауіпсіздік.

**O.A. Stepanova, M.K. Kasengaliyev, T.N. Umyrzhan\*, A.R. Khazhidinova**

Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

## RESEARCH COMBUSTION EFFICIENCY OF UNPROJECTED COAL

*Coal combustion remains an important source of energy despite its environmental disadvantages. This paper investigates the efficiency of combustion of non-project coal of D grade from Karazhyra mine at CHPP-1 of Semey city. The purpose of the study is to optimize the combustion processes to improve the efficiency of boiler E-90-3,9/440. The research method includes experimental-theoretical approach, with an emphasis on drawing up the heat balance and calculating the coefficient of performance (COP) by the inverse balance method.*

*The analysis of the obtained data shows that with increasing the heat output of the boiler there is a parallel growth of fuel consumption and efficiency, indicating an improvement in the efficiency of the boiler unit. It is revealed that when reaching the heat output of 220 GJ/h there is a significant jump in efficiency, indicating the transition of the boiler to a more optimal mode. This result confirms not only the significant potential for improving energy efficiency, but also the stability of fuel costs at changing loads on the boiler unit.*

*Thus, optimization of combustion processes of non-project D grade coal is an important step to reduce negative environmental impact and improve energy efficiency. Further research in this area may lead to even more significant improvements in the operation of boiler units and reduction of harmful emissions.*

**Key words:** coal combustion, non-project coal, process optimization, heat balance, coefficient of performance (COP), CHPP-1 Semey, boiler E-90-3,9/440, heat capacity, environmental safety.

### Сведения об авторах

**Ольга Александровна Степанова** – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Мерей Канатович Касенгалиев** – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: mkasengaliyev@bk.ru

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Акбота Рыспековна Хажидинова** – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Ольга Александровна Степанова** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының меңгерушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Мерей Канатович Касенгалиев** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: mkasengaliyev@bk.ru

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Акбота Рыспековна Хажидинова** – PhD докторы, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а.; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

### Information about the authors

**Olga Aleksandrovna Stepanova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Merey Kanatovich Kasengaliyev** – Master's student of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: mkasengaliyev@bk.ru

**Temirlan Nurlanuly Umyrzhan** – Senior Lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Akbota Ryspekovna Khazhidinova** – PhD, Acting Associate Professor, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

Поступила в редакцию 28.05.2024

Поступила после доработки 30.05.2024

Принята к публикации 31.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-46

FTAXP: 55.22.23



**Н. Серікбекулы<sup>1\*</sup>, К.Д. Орманбеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Шынарбек<sup>1,2</sup>, А.Ж. Жасұлан<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

<sup>2</sup>«Материалдар бетінің түрлендіру» ғылыми орталығы  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Физкультурная к-сі, 4в

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## ТИТАНДЫ МИКРОДОҒАЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ КЕЗІНДЕГІ ЖАБЫННЫҢ ПАЙДА БОЛУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста титанның бетінде микродоғалық тотығу (МДТ) арқылы түзілетін жабындардың құрылымдық-фазалық күйі зерттеледі. Зерттеу барысында процесс параметрлері мен электролит құрамы өзгертін бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Әртүрлі аналитикалық әдістерді, соның ішінде электронды микроскопияны және рентгендік дифракцияны қолдана отырып, жабындардың морфологиялық және құрылымдық өзгерістері талданды. Титанның микродоғалық тотығуы анодты потенциалдық режимде 10 минут бойы фосфор қышқылы, натрий ортофосфаты, калий гидроксиді және гидроксипатит негізіндегі әртүрлі электролиттерде жүргізілді. МДТ-дан кейін беттің микрогеометриясы өзгермейді, яғни. титан бетінде қалыңдығы 5-7 мкм болатын жұқа жабын түзіледі. Сканерлеуші электронды микроскопия көмегімен жабындардың бетін зерттеу нәтижелері барлық зерттелетін жабындардың ең кеуекті беті калий гидроксиді (КОН) қосылған электролитте түзілген жабындарда табылғанын көрсетті. Рентгендік дифракция нәтижелері анатаза мен рутил жабындардың негізгі фазасы екенін көрсетті. Электролит құрамы МДТ процесінде негізгі факторлардың бірі болып табылады. Зерттеу нәтижелері оңтайлы қасиеттері бар жабындарды алу үшін МДТ процесінің параметрлерін оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді. Сонымен қатар, олар әртүрлі қолданбалар үшін, соның ішінде биомедициналық инженерия үшін практикалық маңызды болып табылады, мұнда беріктік пен тозуға төзімділіктің жоғарылауы импланттардың ұзақ өмір сүруі мен тиімділігінің кілті болып табылады. Зерттеу нәтижелері титанның микродоғалық тотығуы кезінде жабын түзілу процесін терең түсінуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** микродоғалық тотығу, кальций-фосфатты жабын, физикалық-механикалық қасиеттер, кедір-бұдырлық, қаттылық, электролит.

### Кіріспе.

Микродоғалық тотығу (МДТ) – анодтау процесінен шыққан, негізінен металды материалдардың бетін электрохимиялық өңдеудің салыстырмалы түрде жаңа әдісі. Титанның микродоғалық тотығуы кезінде жабын түзілу процесін зерттеу материалдардың беттік

модификациясы саласындағы маңызды бағыт болып табылады. Титан және оның қорытпалары жоғары беріктігі, жеңілдігі және химиялық төзімділігі арқасында әртүрлі өнеркәсіп салаларында, соның ішінде аэроғарыш, авиация, медицина және энергетика салаларында кеңінен қолданылады. Титанның микродоғалық тотығуы кезінде оның бетінде жұқа оксидті жабындар түзіледі. Бұл жабындардың коррозияға төзімділігі, трибологиялық төзімділігі, құрылымы мен химиялық құрамын өзгерту мүмкіндігі сияқты бірқатар пайдалы қасиеттер бар. Дегенмен, бұл жабындарды қалыптастыру процесі күрделі және егжей-тегжейлі зерттеуді қажет етеді. МДТ көп функциялы оксидті-керамикалық жабындарды қалыптастыруға мүмкіндік береді, бұл бөлшектердің жұмыс беттерінің беріктігі мен қорғаныс қасиеттерін айтарлықтай арттырады.

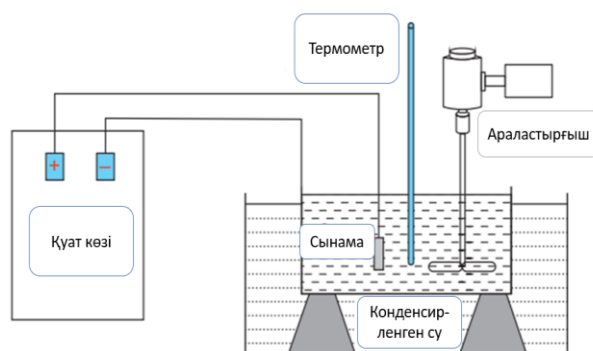
МДТ технологиясы негізінен титан, магний, тантал және алюминий негізіндегі қорытпалардың бетінде оксидті-керамикалық жабындарды қалыптастыру үшін қолданылады [1-3]. Соңғы жылдары қарқынды дамып келе жатқан МДТ әдісімен оксидті керамикалық жабындарды өндіру механикалық және трибологиялық қасиеттері жоғары композициялық материалдарды алуға мүмкіндік береді [4,5]. Титан қорытпаларының тозуға төзімділігі төмен, бірақ өндірісте, автомобиль жасауда химия және биомедициналық өнеркәсіпте кеңінен қолданылады, бұл МДТ әдісін қолдану аясын ұлғайтады [6-9]. Оксидті керамикалық МДТ жабындарының өсу механизмі туралы заманауи идеяларды талдау жабындардың құрылымы мен қасиеттері бірнеше параметрлерге байланысты деген қорытындыға әкелді. [10]. Жабындардың құрылымы мен қасиеттеріне әсер ететін негізгі параметрлер электролит құрамы болып табылады. Жабындардың қасиеттеріне әсер ететін технологиялық факторларға кернеу, ток, жиілік және уақыт параметрлері де кіруі мүмкін. Нәтижесінде МДТ процесінің параметрлеріне байланысты оксид-керамикалық жабындарды қалыптастыру кезінде пайда болатын заңдылықтарды орнату үшін зерттеулер қажет. Титанның микродоғалық тотығуы кезінде жабындардың құрамында титан оксидінің кристалдық фазалары пайда болады [17,18]. Зерттеулер көрсеткендей, рутил мен анатазаның болуы микродоғалық тотығу кезінде титан бетіндегі оксидті жабындардың өсуіне және морфологиясына әсер етеді. Рутил ықшам кристалдық құрылымы арқасында коррозияға төзімділігі жоғары тығыз және тегіс жабындардың пайда болуына ықпал етеді. Екінші жағынан, анатаза өзінің ашық және кеуекті құрылымымен бетінің ауданы үлкенірек және жоғары адгезиясы бар жабындардың пайда болуына ықпал ете алады.

Бұл жұмыстың мақсаты ВТ1-0 титанның бетінде МДТ әдісімен алынған жабындардың құрылымы мен қасиеттерінің қалыптасуына электролит құрамының әсерін зерттеу болды.

### **Зерттеу әдістері**

МДТ әдісімен жабындарды қолдану Guintek «APS – 77300» қондырғысы арқылы жүзеге асырылды. Guintek «APS - 77300» МДТ құрылғысы бағдарламаланатын айнымалы ток көзінен, гальваникалық салқындату ваннасынан, электродтар жиынтығынан және электрофизикалық жану параметрлерін бақылауға және басқаруға арналған бағдарламалық құралдан, сонымен қатар кинетикалық тәуелділікті алуға мүмкіндік беретін цифрлық осциллографтан тұрады. МДТ жабыны анодтық потенциостатикалық режимде алынды. 1-суретте МДТ қондырғысының схемалық диаграммасы көрсетілген. Анод ретінде электролитке батырылған вентильді метал қолданылады. Электролиттік элемент және катод ретінде тот баспайтын болаттан жасалған ыдыс таңдалды. Электр тогы МДТ қуат көзінен беріледі. Электролит температурасы 40°С-тан төмен конденсацияланған суды пайдалану арқылы басқарылады. Температураны ұстап тұру жоғары сапалы оксидті қабат алу үшін қажет [11-12]. Температураны ұстап тұру үшін электролит контейнеріне мыс түтік орап, sl-1500/auroga-pro/ салқындату станциясына қосылды.

Қойылған мақсаттарға сәйкес зерттеу нысаны ретінде титан ВТ1-0 таңдалды. МДТ-ға дейін титан сынамаларының беті жабындауға дайындалды (ұнтақтау және құмдау жұмыстары). 1-кестеде титанды МДТ үшін электролиттің режимдері мен құрамы көрсетілген. Электролиттің химиялық құрамы металдың пассивациясының және диэлектриктердің ыдырауының жеделдеуіне және соның салдары ретінде жұқа оқшаулағыш пленканың пайда болуына айтарлықтай әсер етеді. Осының негізінде титанның МДТ үшін әртүрлі электролиттер (натрий фосфаты, натрий гидрофосфаты, калий гидроксиді және гидроксипатит) таңдалды.

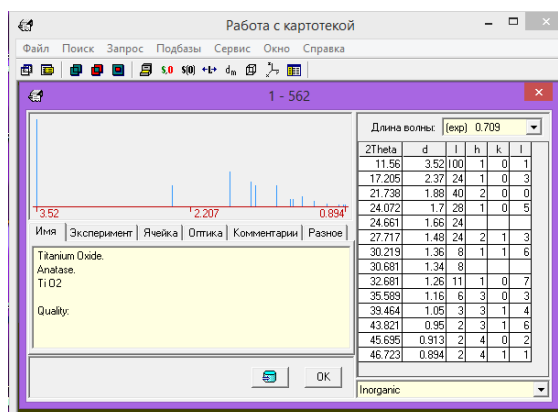


Сурет 1 – Тәжірибелік МДТ қондырғысының схемалық сұлбасы

Кесте 1 – Титанды МДТ режимі мен электролиттің құрамы.

Электролиттің құрамы	МДТ режимі				Ток түрі
	Жиілік, Гц	Кернеу, В	Уақыт, мин	Ток тығыздығы, А/см <sup>2</sup>	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (6 г), гидроксиапатит(0,75г), КОН (2 г)	100	200	10	20	Айнымалы
Na <sub>3</sub> HPO <sub>4</sub> (5 г) және гидроксиапатит (0,5 г)	50	300	10	20	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (5 г) және гидроксиапатит(0,5 г)	200	300	10	12,6	

Беттік морфология JSM-6390 LVJEOL төмен вакуумды сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді. Зерттелетін үлгілердің рентгендік фазалық талдауы XpertPRO дифрактометрінде CuKα сәулеленуінде 40 кВ үдеткіш кернеуде және 30 мА анодтық токта жүргізілді. Дифракция үлгілері PDWin дерекқорының көмегімен қолмен түсіндірілді (2-сурет). Қаптаманың кедір-бұдырлығы Model 130 профилеометрі арқылы өлшенді.

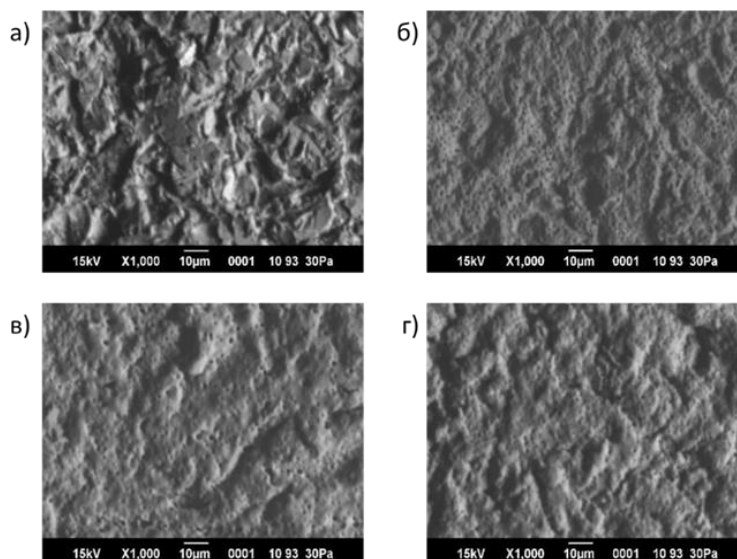


Сурет 2 – Ұнтақты дифрактометрияның деректер базасы

### Нәтиже және талдаулар.

МДТ әдісімен түзілетін жабын бетінің морфологиясы (өлшемі, кеуектер саны, сызаттардың болуы) электролит пен субстраттың құрамына байланысты. Дегенмен, барлық МДТ жабындары электрлік бұзылулар үшін арналар және газ көпіршіктерінің бетіне шығуының салдары болып табылатын кеуектердің болуымен сипатталады. МДТ жабындарының микроқұрылымы типтік кеукті құрылымға ие (3-сурет). Бұл процесс кезінде титанның бетінде электр доғасының әсерінен жұқа оксид қабаты пайда болады. Титан МДТ негізгі әсерлерінің бірі бетінде микрорельефтің пайда болуы болып табылады. Жабындау процесінің бастапқы кезеңдерінде оксид бөлшектерімен қапталған шағын шығыңқылардың пайда болуы байқалады. Процесс дамыған сайын рельеф айқынырақ болып, жабынға енетін микротүтікшелер мен тесіктер пайда болады. Бетінде «островкалардың» пайда болуы да байқалады. Бұл островкалардың тотығу процесі қарқынды жүретін жерлерді білдіреді, нәтижесінде қоршаған бетпен салыстырғанда тығыз және қалың жабын пайда болады. Титанның микродоғалық тотығуы кезінде құрылымдағы морфологиялық өзгерістер

жабындардың адгезия, трибологиялық тұрақтылық және коррозияға төзімділік сияқты қасиеттерін анықтауда маңызды рөл атқара алады. Бұл өзгерістерді түсіну жабынды қалыптастыру процесін оңтайландыруға және әртүрлі өнеркәсіптік қолданбалар үшін қажетті сипаттамалары бар материалдарды әзірлеуге көмектеседі.



Сурет 3 – Әртүрлі электролиттерде МДТ жабындарын жасауға дейінгі және кейінгі үлгі бетінің микроқұрылымы:  
а) титан (бастапқы); б)  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH}$ ; в)  $\text{Na}_3\text{HPO}_4 + \text{NaOH}$ ; г)  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH}$

РЭМ көмегімен алынған әртүрлі құрамдағы электролиттерде түзілген жабындары бар сынамалардың бетінің кескіндерін талдау калий гидроксиді (KOH) қосылған электролитте түзілген жабындардың барлық зерттелген жабындардың ішіндегі ең кеуекті беті бар екенін көрсетті. Электролитке KOH қосу және ток тығыздығын арттыру МДТ кезінде газдың бөліну процесінің қарқындылығының артуына ықпал етуі мүмкін. Айта кету керек, электролиттің тұрақтылығы үшін сілтілі орта қажет, оның қажетті рН әдетте калий гидроксиді KOH немесе натрий NaOH көмегімен жасалады. Электролит компоненттерінің әсерін зерттеуге арналған тәжірибелер электролиттегі KOH немесе NaOH концентрациясы 3 г/л-ден төмен болғанда процестің энергия сыйымдылығының артуына әкелетінін көрсетті. KOH немесе NaOH мөлшері 6 г/л-ден жоғары болғанда электролит өте агрессивті болады, бұл бетінің қышқылдануына және оксид қабатының қалыңдығының төмендеуіне әкеледі [13].

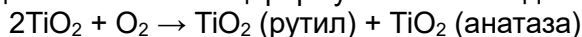
Беткі қабаттың жағдайы құм себу нәтижесінде пайда болған кедір-бұдыр мен толқындылықтың болуымен сипатталады. МДТ-дан кейін беттің микрогеометриясы өзгермейді, яғни титан бетінде қалыңдығы 5-7 мкм болатын жұқа жабын түзіледі. Жабынға дейін және кейін жүргізілген профилометриялық өлшеулер беттің кедір-бұдырында айтарлықтай өзгерісті анықтаған жоқ (2 кесте).

Кесте 2 – МДТ-ға дейінгі және кейінгі сынама бетінің кедір-бұдырлығы

Сынамалар	Кедір-бұдырлық Ra, мкм
Жабын жасауға дейін	1,65±0,22
$\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{KOH} + \text{GA}$ электролитіндегі МДТ-жабыны	1,57±0,32
$\text{Na}_3\text{HPO}_4 + \text{GA}$ электролитіндегі МДТ-жабыны	1,68±0,25
$\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{GA}$ электролитіндегі МДТ-жабыны	1,47±0,39

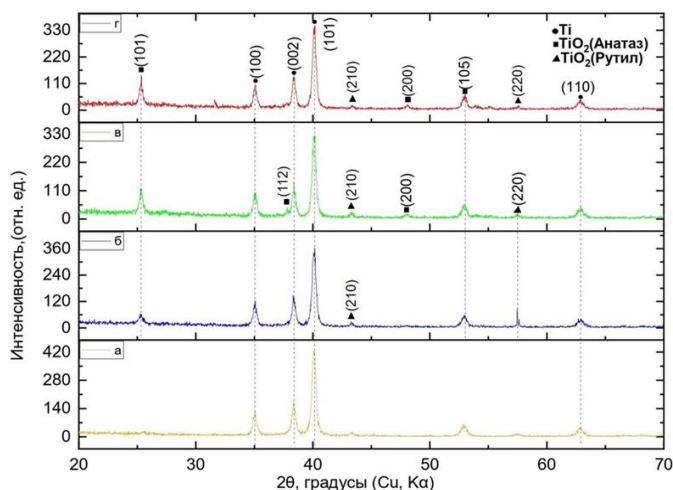
4-суретте әртүрлі электролиттерде алынған МДТ жабындарының рентгендік фазалық талдауының нәтижелері көрсетілген. Титанның (субстраттан) рентгендік дифракция шыңдары және рутил мен анатазаның кристалдық фазалары тіркелді. Анатаза, рутил және брукит титан оксидінің ( $\text{TiO}_2$ ) негізгі үш полиморфы болып табылады [14]. Қолданылатын кернеу мен ток тығыздығының жоғарылауымен температура жоғарылайды және анатаза  $815^\circ\text{C}$

температурада рутилге айналады, бұл  $TiO_2$  жоғары температурадағы тұрақты фазасы [15,16].  $Na_3PO_4 + HA + KOH$  электролитінде алынған жабындардың фазалық құрамы титан диоксидінің жоғары температуралық модификациясы – рутилден тұрады, яғни. ерітіндіге  $KOH$  қосу МДТ процесінің энергия сыйымдылығының артуына әкеледі.  $KOH$  ерітіндісінің негізгі рөлі титан диоксидінің гидратация процесі мен рутил мен анатазаның түзілуі үшін оңтайлы жағдайларды қамтамасыз ету болып табылады.  $KOH$  ерітіндісі титан диоксидінің тиімді гидратациясына және қажетті фазалардың пайда болуына ықпал ететін сілтілі ортаны қамтамасыз ете отырып, реакция ортасының рН деңгейін реттей алады. Титанның микродоғалық тотығуы кезінде рутил мен анатазаның түзілуінің жалпы химиялық формуласын келесідей көрсетуге болады:



Бұл реакциядағы  $KOH$  рөлі титанмен және оттегімен әрекеттесу үшін гидроксил иондарын ( $OH^-$ ) қамтамасыз ету болып табылады. Гидроксид иондары тотығу реакциясының катализаторы ретінде қызмет етеді, рутил мен анатазаның түзілуіне ықпал етеді.

Дегенмен, рутил мен анатазаның түзілу реакциясы күрделі процесс және ол тек  $KOH$  ерітіндісін ғана емес, сонымен қатар температура, реакция уақыты және реагенттердің концентрациясы сияқты басқа факторларды қамтуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Сондықтан нақты реакция жағдайлары мен компоненттер арасындағы нақты қатынас нақты тәжірибеге немесе процеске байланысты өзгеруі мүмкін.



Сурет 4 – Әртүрлі электролиттерде МДТ жабындарын жасауға дейінгі және кейінгі үлгінің рентгендік дифракциялық үлгісі:

а) титан (бастапқы); б)  $Na_3PO_4 + GA + KOH$ ; в)  $Na_3HPO_4 + GA$ ; д)  $Na_3PO_4 + GA$

**Қорытынды.** Титан бетіндегі микродоғалық тотығуды қолдана отырып, рутил және анатаза түріндегі титан диоксиді  $TiO_2$  жабындары алынды. Фосфор қышқылы, натрий ортофосфаты, калий гидроксиді және гидроксипатит негізіндегі әртүрлі электролиттерде 10 минут ішінде анодты режимде МДТ жабындарының түзілу процесі зерттелді. Рентгендік фазалық талдау нәтижелері зерттелетін жабындардың фазалық құрамында айтарлықтай өзгерістерді көрсетпеді. Электролит компоненттерінің әсерін зерттеуге арналған эксперименттер ерітіндіге  $KOH$  қосу процесінің энергия сыйымдылығының жоғарылауына әкелетінін және нәтижесінде рутилдік модификациядағы титан диоксиді түзілетінін, сонымен қатар газдың қарқындылығына байланысты екенін көрсетті. эволюция процесінде жабындардың кеуекті құрылымы қалыптасады. Осылайша, электролит құрамы МДТ процесінде анықтаушы факторлардың бірі болып табылады. Сонымен қатар, МДТ кезінде технологиялық режимдерді және электролит құрамын өзгерту арқылы кеуектілігі бақыланатын жабынды алуға болады.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Владимиров Б.В. Микродоговое оксидирование магниевых сплавов (обзор) / Б.В. Владимиров и др. // Электронная обработка материалов. – 2014. – № 3. – С. 1-38.
2. Батышев К.А. Микродоговое оксидирование алюминиевых сплавов / К.А. Батышев, А.И. Батышев // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве. – 2016. – С. 212-214.

3. Нечаев Г.Г. Микродуговое оксидирование титановых сплавов в щелочных электролитах / Г.Г. Нечаев // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 453-455.
4. Esmaili S. Коррозионное поведение и биосовместимость покрытий с оксидом графена, полученных методом микродугового оксидирования на магниевом сплаве / S. Esmaili et al // Физическая мезомеханика. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 122-138.
5. Савушкина С.В. Исследование керамикоподобных покрытий, формируемых на алюминиевых композитах методом микродугового оксидирования / С.В. Савушкина и др. // XIV-я Международная научно-техническая конференция «Быстрозакаленные материалы и покрытия». 29-30 ноября 2016 года. – Litres, 2022. – С. 87.
6. Ситдииков В.М. Снижение токсичности отработавших газов в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания / В.М. Ситдииков и др. // Труды НАМИ. – 2023. – № 4. – С. 83-95.
7. Ramazanova Z.M. Effect of microarc oxidation on the properties of aluminum alloy samples / Z.M. Ramazanova et al // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra. – 2023. – Т. 325, №. 2. – С. 39-46.
8. Xiao-ming W. Bioactive submicron-pore design of microarc oxidation coating on Ti6Al4V alloy prepared by selective laser melting method / W. Xiao-ming, Zh. Fu-qin // Surface and Coatings Technology. – 2022. – Vol. 444. – P. 128696. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128696>.
9. Synthesis, corrosion, and wear resistance of a black microarc oxidation coating on pure titanium / Q. Guo et al // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. 386. – P. 125454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125454>.
10. Дударева Н.Ю. Влияние режимов микродугового оксидирования на свойства формируемой поверхности / Н.Ю. Дударева // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17. – № 3(56). – С. 217-222.
11. Шаталов В.К. Микродуговое оксидирование поверхностей изделий вне ванны / В.К. Шаталов, А.О. Штокал, А.А. Блатов // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2015. – № 3. – С. 1-14.
12. Дударева Н.Ю. Влияние режимов микродугового оксидирования на свойства формируемой поверхности / Н.Ю. Дударева // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17, № 3(56). – С. 217-222.
13. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов / Ред. Суминов И.В. В 2х томах. Т. 2. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.
14. Choe H.C. Electrochemical characteristics of Ti-6Al-4V after plasma electrolytic oxidation in solutions containing Ca, P, and Zn ions / H.C. Choe, W.A. Brantley // Surf. Coat. Technol. – 2017. – № 320. P. 458-466.
15. Effect of graphene oxide additive on tribocorrosion behavior of MAO coatings prepared on Ti6Al4V alloy / Y. Zuo et al // Appl. Surf. Sci. – 2019. – № 480. – P. 26-34.
16. Corrosion protection of Ti6Al4V by a composite coating with a plasma electrolytic oxidation layer and sol-gel layer filled with graphene oxide / T. Li et al // Prog. Org. Coat. – 2020. – № 144. – P. 105632.
17. Нечаев Г.Г. Баротермическое воздействие микрозарядов на покрытие, формируемое в процессе микродугового оксидирования / Г.Г. Нечаев, В.А. Кошуру // Физика и химия обработки материалов. – 2015. – № 5. – С. 29-34.
18. Изменение фазово-структурного состояния и повышение механических характеристик газотермических покрытий на титане после проведения микродугового оксидирования / Кошуру В.А. и др. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2016. – Т. 13, №. 4. – С. 501-505.

### References

1. Vladimirov B.V. Mikrodogovoe oksidirovanie magnievvykh splavov (obzor) / B.V. Vladimirov i dr. // Ehlektronnaya obrabotka materialov. – 2014. – № 3. – S. 1-38. (In Russian).
2. Batyshev K.A. Mikrodogovoe oksidirovanie alyuminievvykh splavov / K.A. Batyshev, A.I. Batyshev // Sovremennye tekhnologii v mashinostroenii i liteinom proizvodstve. – 2016. – S. 212-214. (In Russian).



3. Nechaev G.G. Mikrodugovoe oksidirovanie titanovykh splavov v shchelochnykh ehlektrolitakh / G.G. Nechaev // Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy. – 2012. – T. 14, № 4. – S. 453-455. (In Russian).
4. Esmaili S. Korroziionnoe povedenie i biosovmestimost' pokrytii s oksidom grafena, poluchennykh metodom mikrodugovogo oksidirovaniya na magnievom splave / S. Esmaili et al // Fizicheskaya mezomekhanika. – 2022. – T. 25, № 4. – S. 122-138. (In Russian).
5. Savushkina S.V. Issledovanie keramikopodobnykh pokrytii, formiruemykh na alyuminievykh kompozitakh metodom mikrodugovogo oksidirovaniya / S.V. Savushkina i dr. // XIV-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya «Bystrozakalennyye materialy i pokrytiYA». 29-30 noyabrya 2016 goda. – Litres, 2022. – S. 87. (In Russian).
6. Sitdikov V.M. Snizhenie toksichnosti otrabotavshikh gazov v kamere sgoraniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya / V.M. Sitdikov i dr. // Trudy NAMI. – 2023. – № 4. – S. 83-95. (In Russian).
7. Ramazanova Z.M. Effect of microarc oxidation on the properties of aluminum alloy samples / Z.M. Ramazanova et al // Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra. – 2023. – T. 325, №. 2. – S. 39- 46. (In English).
8. Xiao-ming W. Bioactive submicron-pore design of microarc oxidation coating on Ti6Al4V alloy prepared by selective laser melting method / W. Xiao-ming, Zh. Fu-qin // Surface and Coatings Technology. – 2022. – Vol. 444. – R. 128696. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128696>. (In English).
9. Synthesis, corrosion, and wear resistance of a black microarc oxidation coating on pure titanium / Q. Guo et al // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. 386. – R. 125454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125454>. (In English).
10. Dudareva N.YU. Vliyanie rezhimov mikrodugovogo oksidirovaniya na svoistva formiruemoi poverkhnosti / N.YU. Dudareva // Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – T. 17. – №. 3(56). – S. 217-222. (In Russian).
11. Shatalov V.K. Mikrodugovoe oksidirovanie poverkhnosti izdelii vne vannы / V.K. Shatalov, A.O. Shtokal, A.A. Blatov // Mashinostroenie i komp'yuternyye tekhnologii. – 2015. – № 3. – S. 1-14. (In Russian).
12. Dudareva N.YU. Vliyanie rezhimov mikrodugovogo oksidirovaniya na svoistva formiruemoi poverkhnosti / N.YU. Dudareva // Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – T. 17, № 3(56). – S. 217-222. (In Russian).
13. Plazmenno- ehlektroliticheskoe modifitsirovanie poverkhnosti metallov i splavov / Red. Suminov I.V. V 2kh tomakh. T. 2. – M.: Tekhnosfera, 2011. – 512 s. (In Russian).
14. Choe H.C. Electrochemical characteristics of Ti-6Al-4V after plasma electrolytic oxidation in solutions containing Ca, P, and Zn ions / H.C. Choe, W.A. Brantley // Surf. Coat. Technol. – 2017. – № 320. – R. 458-466. (In English).
15. Effect of graphene oxide additive on tribocorrosion behavior of MAO coatings prepared on Ti6Al4V alloy / Y. Zuo et al // Appl. Surf. Sci. – 2019. – № 480. – R. 26-34. (In English).
16. Corrosion protection of Ti6Al4V by a composite coating with a plasma electrolytic oxidation layer and sol-gel layer filled with graphene oxide / T. Li et al // Prog. Org. Coat. – 2020. – № 144. – R. 105632. (In English).
17. Nechaev G.G. Barotermicheskoe vozdeistvie mikrorazryadov na pokrytie, formiruemoe v protsesse mikrodugovogo oksidirovaniya / G.G. Nechaev, V.A. Koshuro // Fizika i khimiya obrabotki materialov. – 2015. – № 5. – S. 29-34. (In Russian).
18. Izmenenie fazovo-strukturnogo sostoyaniya i povyshenie mekhanicheskikh kharakteristik gazotermicheskikh pokrytii na titane posle provedeniya mikrodugovogo oksidirovaniya / Koshuro V.A. i dr. // Fundamental'nyye problemy sovremennogo materialovedeniya. – 2016. – T. 13, №. 4. – S. 501-505. (In Russian).

### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

*Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің AR13068451 «Плазма-электролиттік тотығу арқылы титан диоксидінің нанобөлшектері бар көп функционалды кальций фосфатты жабындарын дайындау» гранатты қаржыландыру жобасы аясында жүзеге асырылды.*

**Н. Серікбекұлы<sup>1,2\*</sup>, К.Д. Орманбеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Шынарбек<sup>1,2</sup>, А.Ж. Жасұлан<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Научный центр «Модификация поверхности материалов»

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4в

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ПРИМИКРОДУГОВОМ ОКСИДИРОВАНИИ ТИТАНА**

*В данной работе исследовано структурно-фазовое состояние покрытий, сформированных на поверхности титана методом микродугового оксидирования (МДО). В ходе исследований был проведен ряд экспериментов, в которых изменялись параметры процесса и состав электролита. Морфологические и структурные изменения покрытий были проанализированы с использованием различных аналитических методов, включая электронную микроскопию и рентгеновскую дифракцию. Микродуговое оксидирование титана проводили в анодном потенциостатическом режиме в течение 10 минут в различных электролитах на основе фосфорной кислоты, ортофосфата натрия, гидроксида калия и гидроксиапатита. После МДО микрогеометрия поверхности не меняется, т.е. на поверхности титана образуется тонкое покрытие толщиной 5-7 микрон. Результаты исследования поверхности покрытий с помощью сканирующей электронной микроскопии показали, что наиболее пористая поверхность из всех исследованных покрытий обнаружена у покрытий, сформированных в электролите с добавлением гидроксида калия (KOH). Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что основной фазой покрытий являются анатаз и рутил. Состав электролита является одним из основных факторов в процессе МДО. Результаты исследований позволяют глубоко понять процесс формирования покрытия при микродуговом оксидировании титана.*

**Ключевые слова:** микродуговое оксидирование, кальций-фосфатное покрытие, физико-механические свойства, шероховатость, твердость, электролит.

**N. Serikbekuly<sup>1,2\*</sup>, K.D. Ormanbekov<sup>1,2</sup>, A.B. Shynarbek<sup>1,2</sup>, A.Zh. Zhassulan<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

<sup>2</sup>Scientific center «Surface modification of materials»

Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya str., 4b

\*e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

## **STUDY OF THE PROCESS OF COATING FORMATION DURING MICROARC OXIDATION OF TITANIUM**

*In this work, the structural-phase state of coatings formed on the surface of titanium by microarc oxidation (MAO) was studied. During the research, a number of experiments were carried out in which the process parameters and electrolyte composition were changed. Morphological and structural changes of the coatings were analyzed using various analytical methods, including electron microscopy and x-ray diffraction. Microarc oxidation of titanium was carried out in anodic potentiostatic mode for 10 minutes in various electrolytes based on phosphoric acid, sodium orthophosphate, potassium hydroxide and hydroxyapatite. After MDO, the microgeometry of the surface does not change, i.e. a thin coating 5-7 microns thick is formed on the titanium surface. The results of studying the surface of coatings using scanning electron microscopy showed that the most porous surface of all the studied coatings was found in coatings formed in an electrolyte with the addition of potassium hydroxide (KOH). The results of X-ray diffraction analysis showed that the main phase of the coatings are anatase and rutile. Electrolyte composition is one of the main factors in the MAO process. The research results allow us to deeply understand the process of coating formation during microarc oxidation of titanium.*

**Key words:** microarc oxidation, calcium phosphate coating, physical and mechanical properties, roughness, hardness, electrolyte.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Нұржан Серікбекұлы\*** – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетінің модификациясы» ҒО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

**Айнұр Жасұланқызы Жасұлан** – жаратылыстану ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «Материалдар бетінің түрлендіру» ҒО аға ғылыми қызметкері; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Қуаныш Даулетович Орманбеков** – техника ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетін өзгерту» ФО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Айбек Бақытжанұлы Шынарбек** – «Машина жасау» мамандығының магистранты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «материалдар бетінің модификациясы» ФО кіші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

#### Сведения об авторах

**Нұржан Серікбекұлы\*** – магистрант специальности «Техническая физика»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

**Айнур Жасулановна Жасулан** – магистр естественных наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Старший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Қуаныш Даулетович Орманбеков** – магистр технических наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Айбек Бакытжанович Шынарбек** – магистрант специальности «Машиностроение»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; младший научный сотрудник НЦ «Модификация поверхности материалов»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

#### Information about the authors

**Nurzhan Serikbekuly\*** – Master's student of the specialty «Technical Physics»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com

**Ainur Zhassulankyzy Zhassulan** – Master of natural science; "Shakarim University of Semey", Republic of Kazakhstan; senior researcher of the NC "Modification of the surface of materials"; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

**Kuanysh Dauletovich Ormanbekov** – Master of technical science; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: ormanbekov\_k@mail.ru

**Aibek Bakhytzhanyky Shynarbek** – Master's student of the specialty «Mechanical Engineering»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Junior researcher of the NC «Modification of the surface of materials»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru

Редакцияға енуі 02.04.2024

Жариялауға қабылданды 04.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-47

МРНТИ: 55.13.17



**А.А. Шаханов<sup>1</sup>, А.А. Шаханов<sup>1</sup>, А.И. Купреенко<sup>2</sup>, С.Х. Исаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина"  
010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
243365, Российская Федерация, с. Кокино, ул. Советская, 2а

\*e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

## МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СУШИЛКИ

**Аннотация.** Необходимо получить сухое вещество, удалив из него всю влагу. Сделать это можно с помощью разных устройств, но наиболее распространенными из них в промышленности и науке являются сушильные шкафы. Они позволяют быстро удалить лишнюю влагу из материалов путем ее испарения и вытяжения из камер. При этом необходимо рассчитать объем сухого воздуха и энергии, необходимых для процесса. Для решения этих задач требуется рассчитать материальный и тепловой баланс сушки.

Они представляют собой измерение и вычисление количества материала и энергии, затрачиваемых на нее.

Материальный и тепловой баланс сушилки, в качестве которого выступает воздух, вычисляется с помощью формул и уравнений. Он характеризует начальную и финальную массу вещества и воды, которая выпарилась в результате сушки, причем абсолютно сухая масса вещества остается постоянной.

Авторы исследовали количество влаги и подставили его значение в соответствующую формулу и вычислили массу абсолютно сухого вещества и количество полученного продукта. Таким образом, пользуясь формулой теплового баланса определили требуемый объем воздуха для процесса. Все расчеты проводили для каждой модели и результаты получили разными.

После вычисления материального баланса определили количество затрачиваемой энергии. При вычислении теплового баланса различают теоретическую и практическую сушилку. В первом случае считается, что в процессе работы сушильного шкафа нет потерь тепла или его прихода извне. В практике такого не происходит, поэтому при вычислении теплового баланса необходимо учитывать многие факторы: приход тепла с сушильным агентом, самим материалом и его влагой, транспортными устройствами и внешними источниками энергии. Также учитывали в данном исследовании расход энергии с уходящим сушильным агентом.

Полученные выражения материального и теплового баланса сушилки позволяют определить технологические параметры рабочего процесса сушки и технические параметры сушилки, что, в конечном итоге, позволяет определить технико-экономические показатели работы сушилки.

**Ключевые слова:** сушилка аэродинамического нагрева, материальный баланс, тепловой баланс.

### Введение.

Перспективным направлением развития сушильной техники в сельскохозяйственном производстве является переход от сушилок, работающих на газу или жидком топливе, к установкам (печаам) аэродинамического подогрева (ПАП) [2, 5, 7].

Технология аэродинамического нагрева заключается в преобразовании электрической энергии привода ротора центробежного вентилятора не имеющего корпуса, в тепловую энергию аэродинамических потерь, возникающих в межлопаточном пространстве ротора. При этом циркуляция сушильного агента в сушильной камере должна осуществляться по замкнутому контуру. Ротор обеспечивает как генерацию теплоты, так и циркуляцию сушильного агента.

Такая сушилка проста по конструкции, пожаробезопасна, имеет КПД около 80% [6]. На рисунке 1 представлена сушилка аэродинамического нагрева камерного типа с лотками для сушки плодово-ягодного сырья, овощей, орехов и т.п.

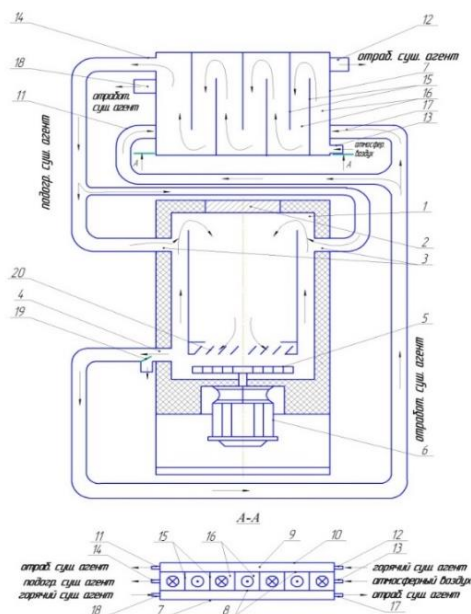


Рисунок 1 – Сушилка аэродинамического нагрева

Эксплуатация сушилки показала, что продолжительность сушки сильно зависит от температуры окружающей среды.

При низкой температуре атмосферного воздуха скорость сушки снижается, т.к. больше теплоты расходуется на его дополнительный нагрев [3].

Поэтому была предложено использовать теплоту отработанного сушильного агента за счет комбинированного теплообменника, который совмещает в одном теплообменном аппарате пластинчатый теплообменник и воздушный солнечный коллектор (рис. 2) [4].



- 1 – камера; 2 – загрузочная дверь; 3 – подающие патрубки; 4 – выходной патрубок; 5 – нагревательный ротор;  
 6 – привод; 7 – теплообменник; 8 – поверхности теплообмена; 9 – гелиоколлектор; 10 – остекление;  
 11 – патрубок подачи в верхнюю камеру; 12 – патрубок отвода из верхней камеры;  
 13 – патрубок подачи в среднюю камеру; 14 – патрубок отвода из средней камеры; 15 – разделители;  
 16 – воздушные каналы; 17 – патрубок подачи в нижнюю камеру; 18 – патрубок отвода из нижней камеры;  
 19 – клапан; 20 – жалюзийная решетка

Рисунок 2 – Схема сушилки аэродинамического нагрева

**Целью работы** является определение материального и теплового баланса сушилки аэродинамического нагрева.

#### Материалы и методы.

Рассмотрим материальный баланс сушилки.

Материальный баланс имеет вид:

$$G_H = G_K + W, \text{ кг}, \quad (1)$$

где  $G_H, G_K, W$  – соответственно начальная, конечная масса материала и удаленной влаги, кг.

Количество удаленной влаги [1,11]

$$W = \frac{G_H W_H - G_K W_K}{100}, \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $W_H, W_K$  – соответственно начальная, конечная влажность материала, %.

Также, количество удаленной влаги:

$$W = G_1 \left(1 - \frac{K_H}{100}\right), \text{ кг}, \quad (3)$$

где  $K_H$  – норма выхода продукта, %.

Производительность сушилки по конечной массе материала

$$Q_H = \frac{G_K}{t_c} \cdot \frac{100 - W_K}{100 - W_H}, \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

по начальной массе материала

$$Q_K = \frac{G_H}{t_c} \cdot \frac{100 - W_H}{100 - W_K}, \text{ кг/ч}, \quad (5)$$

где  $t_c$  – продолжительность сушки, ч.

Тогда, материальный баланс по влаге:

$$\frac{G_H W_H}{100} + 10^{-3} L_c x_H t_c = \frac{G_K W_K}{100} + 10^{-3} L_c x_K t_c, \text{ кг}, \quad (6)$$

где  $L_c$  – расход воздуха, кг/ч.

Подставим (2) в выражение (6):

$$W = \frac{G_H W_H - G_K W_K}{100} = 10^{-3} L_c (x_K - x_H) t_c. \quad (7)$$

Расход сухого воздуха из (7)

$$L_c = \frac{10^3 W}{(x_k - x_n) t_c}, \text{ кг/ч.} \quad (8)$$

Удельный расход сухого воздуха  $l_c$  на 1 кг испаренной влаги:

$$l_c = \frac{10^3}{(x_k - x_n) t_c}, \text{ кг/ч.} \quad (9)$$

На рисунке 3 представлен баланс теплоты, участвующей в процессе сушки.

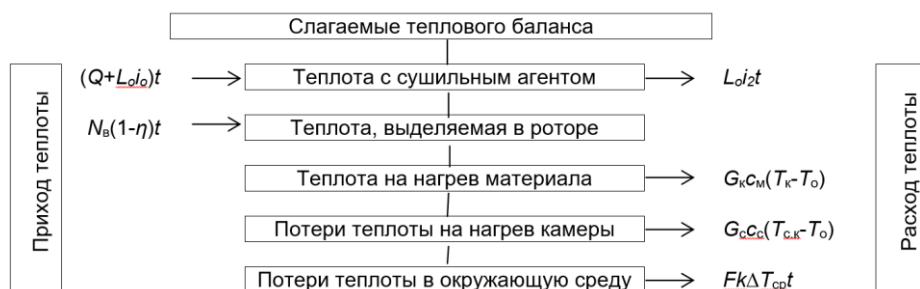


Рисунок 3 – Баланс теплоты, участвующей в процессе сушки

Баланс теплоты, участвующей в процессе сушки имеет вид:

$$(Q + L_o i_o) t + N_b (1 - \eta) t = L_o i_2 t + G_k c_m (T_k - T_o) + G_c c_c (T_{c,k} - T_o) + F q_y t, \quad (10)$$

где  $Q$  – теплота, получаемая сушильным агентом в теплообменнике, Дж/с;

$N_b$  – мощность привода ротора, Вт;

$\eta$  – КПД ротора;

$c_m$  – теплоемкость материала, Дж/(кг·°C);

$T_k$  – температура нагрева материала, °C;

$G_c$  – масса камеры, кг;

$c_c$  – теплоемкость материала камеры, Дж/(кг·°C);

$T_{c,k}$  – температура нагрева материала камеры, °C;

$F$  – площадь поверхности камеры, м<sup>2</sup>;

$q_y$  – тепловой поток в атмосферу, Вт/м<sup>2</sup>.

КПД ротора  $\eta$  составляет 0,12 [6,7,8].

Теплота, воспринимаемая сушильным агентом в комбинированном теплообменнике,

$$Q = L_o c_{o,c} (T_1 - T_o). \quad (11)$$

Коэффициент утилизации теплоты агента сушки можно определить по формуле:

$$K_{yT} = \frac{L_o c_{o,c} (T_1 - T_o)}{L_o c_2 T_2}, \quad (12)$$

где  $c_2$  – теплоемкость агента сушки, Дж/(кг·°C).

Теплоемкость влажного воздуха может быть определена [1,9,10]:

$$c_{вл.в} = \frac{c_{с.в} + x c_{п}}{1 + x}. \quad (13)$$

Тогда, выражение (12) с учетом (13) будет иметь вид:

$$K_{yT} = \frac{c_{с.в} + x_n c_{п}}{1 + x_n} \cdot \frac{1 + x_k}{c_{с.в} + x_k c_{п}} \cdot \frac{T_1 - T_o}{T_2}. \quad (14)$$

Из выражения (10) с учетом (11) и (14), принимая, что  $T_{c,k} = T_k = T_2$ , получим мощность привода ротора:

$$N_b = (L_o (i_2 - i_o - K_{yT} c_2 T_2) + (G_k c_m + G_c c_c) (T_2 - T_o) / t + F q_y) / (1 - \eta). \quad (15)$$

Таким образом, мощность привода ротора уменьшается при повышении коэффициента утилизации теплоты, а также температуры окружающей среды.

**Выводы.** Полученные выражения материального и теплового баланса сушилки позволяют определить технологические параметры рабочего процесса сушки и технические

параметры сушилки, что, в конечном итоге, позволяет определить технико-экономические показатели работы сушилки.

### Список литературы

1. Атаназевич В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. – М: ДеЛипринт, 2007. – 480 с.
2. Дианов Л.В. Универсальная сушилка для пиломатериалов и продукции растениеводства / Л.В. Дианов, А.С. Ключников // Вестник АПК Верхневолжья. – 2012. – № 3 – С. 55-59.
3. Исаев С.Х. Сушильная установка аэродинамического подогрева с утилизатором теплоты / С.Х. Исаев // Современные аспекты развития АПК: труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – С. 60-64.
4. Купреенко, А.И. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев // Сельский механизатор. – 2020. – № 1. – С. 16-17.
5. Купреенко, А.И. Определение продолжительности сушки яблок в сушилке аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве : материалы межд. науч.-пр. конф., 29-30 апреля 2021 г. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2021. – С. 73-78.
6. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева / Под общ. ред. Е.Г. Шадека. – М.: Машиностроение, 1986. – 208 с.
7. Установка для сушки древесины «СВЧ-лес» / Материалы сайта «СВЧ-технологии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://СВЧлесуandex.ru/images>.
8. Сутягин В.М. Основы проектирования и оборудование производства полимеров. Учебное пособие / В.М. Сутягин, В.П. Лопатинский, А.А. Ляпков. – Томск: Изд. ТПУ, Часть 1. – 1998. – 118 с., Часть 2. – 1999. – 114 с., Часть 3. – 2004. – 68 с.
9. Сутягин В.М. Полимеризаторы в примерах и задачах / В.М. Сутягин, А.А. Ляпков // Сборник примеров и задач. – Томск: Изд. ТПУ, 2003. – 72 с.
10. Ляпков А.А. Расчеты реакционной аппаратуры химических производств. Учебное пособие / А.А. Ляпков, Г.Н. Иванов, В.В. Бочкарев. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 122 с.
11. Ровкина Н.М. Технологические расчеты в процессах синтеза полимеров. Сборник примеров и задач / Н.М. Ровкина, А.А. Ляпков. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 167 с.

### References

1. Atanazevich V.I. Sushka zerna / V.I. Atanazevich. – M: DELiprint, 2007. – 480 s. (In Russian).
2. Dianov L.V. Universal'naya sushilka dlya pilomaterialov i produktzii rastenievodstva / L.V. Dianov, A.S. Klyuchnikov // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. – 2012. – № 3 – S. 55-59. (In Russian).
3. Isaev S.KH. Sushil'naya ustanovka aehrodinamicheskogo podogreva s utilizatorom teploty / S.KH. Isaev // Sovremennye aspekty razvitiya APK: trudy Vserossiiskogo soveta molodykh uchenykh i spetsialistov agrarnykh obrazovatel'nykh i nauchnykh uchrezhdenii. – M.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2019. – S. 60-64. (In Russian).
4. Kupreenko, A.I. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannym teploobmennikom / KH.M. Isaev, A.I. Kupreenko, S.KH. Isaev // Sel'skii mekhanizator. – 2020. – № 1. – S. 16-17. (In Russian).
5. Kupreenko, A.I. Opredelenie prodolzhitel'nosti sushki yablok v sushilke aehrodinamicheskogo nagreva / A.I. Kupreenko, KH.M. Isaev, S.KH. Isaev // Tekhnika i tekhnologii v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy mezhd. nauch.-pr. konf., 29-30 aprelya 2021 g. – Ussuriisk: FGBOU VO Primorskaya GSKHA, 2021. – S. 73-78. (In Russian).
6. Retsirkulyatsionnye ustanovki aehrodinamicheskogo nagreva / Pod obshch. red. E.G. Shadeka. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 208 s. (In Russian).
7. Ustanovka dlya sushki drevesiny «SVCH-leS» / Materialy saita «SVCH-tekhnologii» [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://SVCHlesyandex.ru/images>. (In Russian).
8. Sutyagin V.M. Osnovy proektirovaniya i oborudovanie proizvodstva polimerov. Uchebnoe posobie / V.M. Sutyagin, V.P. Lopatinskii, A.A. Lyapkov. – Tomsk: Izd. TPU, Chast' 1. – 1998. – 118 s., Chast' 2. – 1999. – 114 s., Chast' 3. – 2004. – 68 s. (In Russian).
9. Sutyagin V.M. Polimerizatory v primerakh i zadachakh / V.M. Sutyagin, A.A. Lyapkov // Sbornik primerov i zadach. – Tomsk: Izd. TPU, 2003. – 72 s. (In Russian).

10. Lyapkov A.A. Raschety reaktionnoi apparatury khimicheskikh proizvodstv. Uchebnoe posobie / A.A. Lyapkov, G.N. Ivanov, V.V. Bochkarev. – Tomsk: Izd. TPU, 2002. – 122 s. (In Russian).

11. Rovkina N.M. Tekhnologicheskie raschety v protsessakh sinteza polimerov. Sbornik primerov i zadach / N.M. Rovkina, A.A. Lyapkov. – Tomsk: Izd. TPU, 2004. – 167 s. (In Russian).

**А.А. Шаханов\***, **А.А. Шаханов<sup>1</sup>**, **А.И. Купреенко<sup>2</sup>**, **С.Х. Исаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті  
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

<sup>2</sup>ФГБОУ «Брянск мемлекеттік аграрлық университетіне»

243365, Ресей Федерациясы, Кокино ауылы, Советская көшесі, 2а

\*e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

## МАТЕРИАЛДЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУ БАЛАНСЫ

*Барлық ылғалды алып тастап, құрғақ зат алу керек. Мұны әртүрлі құрылғылардың көмегімен жасауға болады, бірақ олардың ішінде өнеркәсіп пен ғылымда ең көп кездесетіні-кептіру шкафтары. Олар булану және камералардан шығару арқылы материалдардан артық ылғалды тез кетіруге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда процеске қажетті құрғақ ауа мен энергияның көлемін есептеу керек. Бұл мәселелерді шешу үшін кептірудің материалдық және жылу балансын есептеу қажет.*

*Олар оған жұмсалатын материал мен энергия мөлшерін өлшеу және есептеу болып табылады.*

*Ауа ретінде әрекет ететін кептіргіштің материалдық және жылу балансы формулалар мен теңдеулер арқылы есептеледі. Ол кептіру нәтижесінде буланған зат пен судың бастапқы және соңғы массасын сипаттайды, ал заттың мүлдем құрғақ массасы тұрақты болып қалады.*

*Авторлар ылғалдың мөлшерін зерттеп, оның мәнін тиісті формулаға ауыстырып, абсолютті құрғақ заттың массасын және алынған өнімнің мөлшерін есептеді. Осылайша, жылу балансының формуласын қолдана отырып, олар процесс үшін қажетті ауа көлемін анықтады. Барлық есептеулер әр модель үшін жүргізілді және нәтижелер әртүрлі болды.*

*Материалдық балансты есептегеннен кейін жұмсалған энергия мөлшері анықталды. Жылу балансын есептеу кезінде теориялық және практикалық кептіргіш ажыратылады. Бірінші жағдайда, кептіру шкафының жұмысында жылу шығыны немесе оның сырттан келуі болмайды деп саналады. Іс жүзінде бұл болмайды, сондықтан жылу балансын есептеу кезінде көптеген факторларды ескеру қажет: кептіру агентімен, материалдың өзімен және оның ылғалымен, көлік құрылғыларымен және сыртқы энергия көздерімен жылудың келуі. Сондай-ақ, осы зерттеуде шығатын кептіру агентімен энергия шығыны ескерілді.*

*Кептіргіштің материалдық және жылу балансының алынған өрнектері кептіргіштің жұмыс процесінің технологиялық параметрлерін және кептіргіштің техникалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді, нәтижесінде кептіргіштің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік береді.*

**Түйін сөздер:** аэродинамикалық жылыту кептіргіш, материалдық баланс, жылу балансы.

**A.A. Shahanov<sup>1</sup>, A.A. Shakhonov<sup>1</sup>, A.I. Kupreenko<sup>2</sup>, S.Kh. Isaev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin  
010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62 Zhenis ave.,

<sup>2</sup>FGBOU VO «Bryansk State Agrarian University»

243365, Russian Federation, Kokino village, Sovetskaya str., 2a

\*e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

## THE MATERIAL AND THERMAL BALANCE

*It is necessary to obtain a dry substance by removing all moisture from it. This can be done using various devices, but the most common of them in industry and science are drying cabinets. They allow you to quickly remove excess moisture from materials by evaporation and extraction from the chambers. At the same time, it is necessary to calculate the volume of dry air and energy required for the process. To solve these problems, it is necessary to calculate the material and thermal balance of drying.*

*They are the measurement and calculation of the amount of material and energy spent on it. The material and thermal balance of the dryer, which is air, is calculated using formulas and equations. It characterizes the initial and final mass of the substance and water that evaporated as a result of drying, and the absolutely dry mass of the substance remains constant.*



The authors examined the amount of moisture and substituted its value into the appropriate formula and calculated the mass of an absolutely dry substance and the amount of the resulting product. Thus, using the heat balance formula, the required volume of air for the process was determined. All calculations were performed for each model and the results were different.

After calculating the material balance, the amount of energy consumed was determined. When calculating the heat balance, a theoretical and a practical dryer are distinguished. In the first case, it is assumed that during the operation of the drying cabinet there is no heat loss or its arrival from the outside. In practice, this does not happen, therefore, when calculating the thermal balance, many factors must be taken into account: the arrival of heat with the drying agent, the material itself and its moisture, transport devices and external energy sources. The energy consumption of the outgoing drying agent was also taken into account in this study.

The obtained expressions of the material and thermal balance of the dryer allow us to determine the technological parameters of the drying workflow and the technical parameters of the dryer, which ultimately allows us to determine the technical and economic performance of the dryer.

**Key words:** aerodynamic heating dryer, material balance, thermal balance.

#### Сведения об авторах

**Асанхан Андакулович Шаханов\*** – доктор экономических наук, профессор кафедры «Аграрная техника и технологии», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

**Арслан Асанханович Шаханов** – докторант кафедры «Технологические машины и оборудование», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: arslan\_shahanov@mail.ru

**Алексей Иванович Купреенко** – д.т.н., профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств; Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

**Самир Хафизович Исаев** – к.т.н., доцент кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств; Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

#### Авторлар туралы мәлімет

**Асанхан Андакулович Шаханов\*** – экономика ғылымдарының докторы, «Аграрлық техника және технологиялар» кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

**Арслан Асанханович Шаханов** – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының докторанты С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: arslan\_shahanov@mail.ru

**Алексей Иванович Купреенко** – «Мал шаруашылығы және қайта өңдеу өндірістерінің технологиялық жабдықтары» кафедрасының профессоры, т.ғ.д.; Брянск мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

**Самир Хафизович Исаев** – «Мал шаруашылығы және қайта өңдеу өндірістерінің технологиялық жабдықтары» кафедрасының доценты, т.ғ.к.; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

#### Information about the authors

**Asankhan Andakulovich Shahanov\*** – Doctor of economic sciences, professor of the department of «Agrarian technique and technology»; S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; e-mail: shahanov\_aa@mail.ru

**Арслан Асанханович Шаханов** – Doctoral student of the department of «Technological Machines and Equipment»; S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University; e-mail: arslan\_shahanov@mail.ru

**Alexey Ivanovich Kupreenko** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries; Bryansk State Agrarian University, Russian Federation; e-mail: kupreenkoai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>.

**Samir Hafizovich Isaev** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries; Bryansk State Agrarian University, Russian Federation; e-mail: Samir.isaev.94@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>.

Поступила в редакцию 25.04.2024  
Поступила после доработки 10.06.2024  
Принята к публикации 11.06.2024

**O.A. Stepanova, R.A. Khamitov, T.N. Umyrzhan\*, A.R. Khazhidinova**  
Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

## ON THE USE OF HEAT PUMPS

**Abstract:** *The problems of energy saving and environmental friendliness in the issues of heat supply, hot water supply and energy-intensive industrial production are constantly in the center of attention and research. The relevance of such research is caused by the need to reduce fuel consumption, reduce harmful emissions from fuel combustion, and reduce thermal pollution of the atmosphere. Heat pumps are devices that operate on a reverse cycle, i.e. heat is transferred from less heated bodies to more heated ones, and the heat pump requires an external energy source. In recent years, heat pumps have been increasingly used. In many technological processes there is incomplete utilization of primary energy, such unused energy refers to secondary energy resources. In the production of silicate bricks the main technological process is autoclaving, which uses saturated steam of high parameters. The steam condensate can be used to operate a heat pump. Thus, the use of waste heat carrier as a low-potential heat source contributes to the rational use of secondary energy resources and the development of energy-saving technologies. Heat supply by means of heat pumps represents modern, priority environmentally friendly technologies.*

**Key words:** *heat pump, low-potential source, heat carrier, energy efficiency, energy-saving technologies.*

### Introduction

In the development of modern world energy, it is worth noting among the topical directions – the use of alternative energy sources. In general, alternative energy can be considered as one of the stages of development of technologies that ensure uninterrupted supply of electrical energy. The works of a number of scientists [1-3] are devoted to the use of alternative and secondary energy sources.

The use of heat pumps is promising in the development of alternative energy; they provide an opportunity to improve energy efficiency and environmental friendliness in the production of heat and electricity [4].

The heat pump is considered to be an environmentally friendly system. With its help it is possible to obtain heat for heating and hot water supply of residential and industrial premises, and sources with low potential are used, transferring heat to the heat carrier having a higher temperature. In general, the economic efficiency of using heat pumps for heat supply systems strongly depends on the climatic conditions of the region, and the factors that affect their efficiency have different directions [5, 6].

Secondary energy resources (SER) are energy that results from almost all technological processes when primary energy is not fully utilized. SERs are by-products of the main production, which are not used in this process. It is fair to consider that secondary energy resources represent a rather large energy potential.

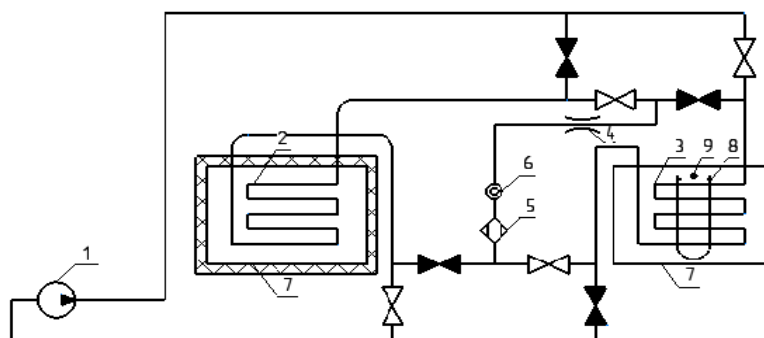
All secondary energy resources are divided into three groups:

- combustible;
- thermal;
- overpressure [7-10].

### Problem statement

The research was carried out on the experimental installation «Heat pump», the circuit diagram of the installation is shown in Figure 1.

The purpose of the study was to determine the change in the temperature of the heated water depending on the temperature of the low-potential heat source (heat of the spent condensate after autoclaving of sand-lime bricks) at different time intervals.



1 – compressor; 2 – condenser; 3 – evaporator; 4 – throttle; 5 – filter-drier; 6 – moisture indicator; 7 – water tanks; 8 – heating element; 9 – thermoregulator

Figure 1 – Circuit diagram of a heat pump

### Research results

During the experimental research, the necessary measurements were carried out. The results are shown in Figures 2, 3, 4.

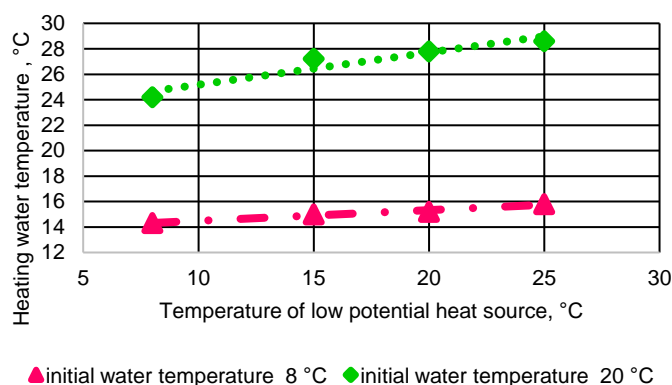


Figure 2 – Variation of the heated water temperature depending on the temperature of the heated water temperature of the heating medium 30 minutes after the start of heating

As a result of mathematical processing, equations describing the dependence of heated water temperature  $t_w$ , °C, on the temperature of low-potential source  $t_{ps}$ , °C, after 30 minutes of heating for initial water temperature of 8 °C and 20 °C, respectively, were obtained:

$$t_w = 0,0842 t_{ps} + 13,644, \quad (1)$$

$$t_w = 0,2532 t_{ps} + 22,646 \quad (2)$$

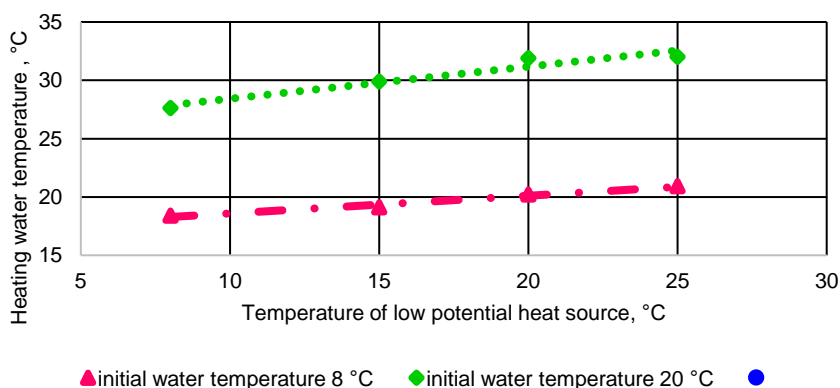


Figure 3 – Variation of the heated water temperature depending on the temperature of the heated water temperature of the heating medium 45 minutes after the start of heating

As a result of mathematical processing, equations describing the dependence of heated water temperature  $t_w$ , °C, on the temperature of low-potential source  $t_{ps}$ , °C, after 45 minutes of heating for initial water temperature of 8 °C and 20 °C, respectively, were obtained:

$$t_w = 0,1519 t_{ps} + 17,068, \quad (3)$$

$$t_w = 0,2753 t_{ps} + 25,67 \quad (4)$$

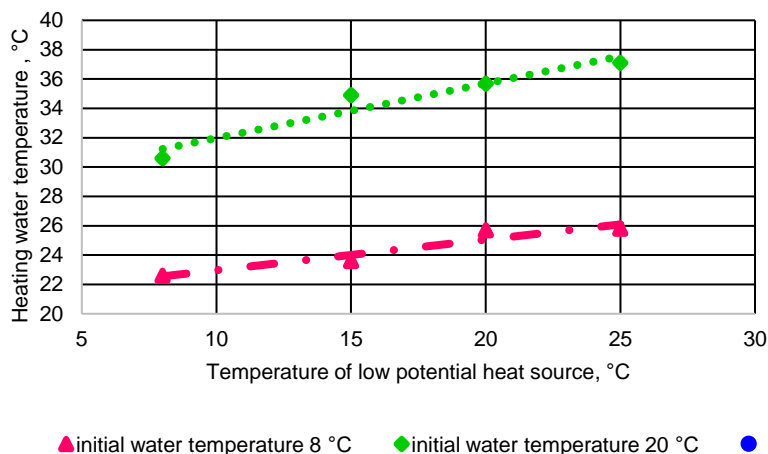


Figure 4 – Variation of the heated water temperature depending on the temperature of the heated water temperature of the heating medium 60 minutes after the start of heating

As a result of mathematical processing, equations describing the dependence of heated water temperature  $t_w$ , °C, on the temperature of low-potential source  $t_{ps}$ , °C, after 60 minutes of heating for initial water temperature of 8 °C and 20 °C, respectively, were obtained:

$$t_w = 0,2082 t_{ps} + 20,885, \quad (5)$$

$$t_w = 0,3715 t_{ps} + 28,259 \quad (6)$$

Analysis of the obtained data, presented in Figures 2, 3, 4, showed a linear dependence of the temperature of heated water at initial temperatures of 8 oC and 20 oC on the temperature of the spent condensate. At that, the highest heating intensity is observed after 60 minutes of heating.

### Conclusions

The results of the conducted research were processed using Excel package. The analysis showed that the studied characteristics are described by linear regression equations. At that, the linear determination coefficient  $R^2$  is higher than 0,9, which, from the point of view of statistics, indicates a sufficiently high reliability of the obtained comparative equations.

The use of secondary energy resources in the form of exhaust steam condensate after brick autoclaving increases the energy efficiency of production. On the basis of this study it is reasonable to continue studying the increase of production efficiency through the use of heat pump.

### References

1. Alternative energy sources: what types how to use // URL: <https://plus-one.ru/manual/2021/08/03/alternativnye-istochniki-energii-kakie-vidy-kak-ispolzovat>.
2. Alternative energy sources. How environmentally friendly are the power plants of the future? // URL: <https://lenta.ru/articles/2023/11/29/alternativnye-istochniki-energii/>.
3. Sidorovich, V. World Energy Revolution. How renewable energy sources will change our world / V. Sidorovich – Moscow: Alpina Publisher, 2016. – 208 c. ISBN 978-5-9614-5249-5. URL: <https://znanium.com/catalog/product/914424>.
4. Amiya K. Advances in heat pump assisted distillation column: A review / K. Amiya // Energy Conversion and Management. – 2014. – Vol. 77. – P. 287-297.

5. Khakimullin B.R. Prospects for the use of heat pumps in the heating and hot water supply system / B.R. Khakimullin, I.Z. Bagautdinov // International Scientific Journal «Innovative Science». – 2016. – № 4.
6. Possibility of thermodynamic recovery in the system of air heat pump for automated microclimate control of small production facilities of textile industry / S.V. Fedosov, V.N. Fedoseev, A.B. Petrukhin, L.A. Oparina // Izvestia vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. Technology of textile industry. – 2021. – № 1(391). – P. 124-127. DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_1\_124. – EDN IWEDXI.
7. The role of RES utilization in reducing fuel and heat consumption of industrial enterprises. Sources of formation, types, parameters and possibilities of RES utilization // URL: <https://pandia.ru/text/80/255/95157.php>.
8. Classification of secondary energy resources of industry // URL: <https://moodle.kstu.ru/mod/page/view.php?id=101999>.
9. Karenov R.S. / Priorities of energy saving and energy efficiency improvement aimed at reducing the energy intensity of GDP of the Republic of Kazakhstan / R.S. Karenov // Bulletin of Karaganda University. Series: Economics. – 2017. – Т. 86, № 2. – P. 68-74.
10. Technology of silicate brick manufacturing // Group of Companies STROYMASHINA URL: <https://www.stroymash.ru/articles/tekhnologiya-izgotovleniya-silikatnogo-kirpicha/>.

**О.А. Степанова, Р.А. Хамитов, Т.Н. Өміржан\*, А.Р. Хажидинова**

Семей қ. Шәкәрім атындағы Университет,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

#### **ЖЫЛУ СОРҒЫЛАРЫН ПАЙДАЛАНУҒА ҚАТЫСТЫ СҰРАҚТАР**

*Жылумен жабдықтау, ыстық сумен қамтамасыз ету және энергияны көп қажет ететін өнеркәсіптік өндіріс мәселелерінде энергия үнемдеу және экологиялық тазалық мәселелері үнемі назарда және зерттеуде. Мұндай зерттеулердің өзектілігі отын шығынын азайту, отынның жануынан зиянды шығарындыларды азайту және атмосфераның жылулық ластануын азайту қажеттілігінен туындайды. Жылу сорғылары - бұл кері циклде жұмыс істейтін құрылғылар, яғни, жылу аз қыздырылған денелерден көп қыздырылғандарға беріледі, ал жылу сорғысының жұмысы сыртқы энергия көзін қажет етеді. Соңғы жылдары жылу сорғылары жиі қолданыла бастады. Көптеген технологиялық процестерде бірінші реттік энергияны толық пайдаланбау орын алады, мұндай пайдаланылмаған энергия екінші реттік энергия ресурстарына жатады. Құмды-әкті кірпіш өндірісінде негізгі технологиялық процесс автоклавтау болып табылады, ол үшін жоғары параметрлерді қаныққан бу қолданылады. Жылу сорғысын пайдалану үшін бу конденсатын пайдалануға болады. Осылайша, пайдаланылған салқындатқышты төмен потенциалды жылу көзі ретінде пайдалану екінші энергия ресурстарын ұтымды пайдалануға және энергияны үнемдейтін технологияларды дамытуға ықпал етеді. Жылу сорғылары арқылы жылумен қамтамасыз ету қазіргі заманғы, басым экологиялық таза технология болып табылады.*

*Түйін сөздер: жылу сорғысы, төмен потенциалды көз, салқындатқыш, энергия тиімділігі.*

**О.А. Степанова, Р.А. Хамитов, Т.Н. Умыржан\*, А.Р. Хажидинова**

Университет имени Шакарима г. Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А  
\*e-mail: timirlan-95@mail.ru

#### **К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

*Проблемы энергосбережения и экологичности в вопросах теплоснабжения, горячего водоснабжения и энергозатратного промышленного производства постоянно находятся в центре внимания и исследований. Актуальность таких исследований вызвана как необходимостью снижения расхода топлива, снижению вредных выбросов при сжигании топлива, уменьшение теплового загрязнения атмосферы. Тепловые насосы – это устройства, которые работают по обратному циклу, т.е. теплота передается от тел менее нагретых к более нагретым, а для работы теплового насоса требуется внешний источник энергии. В последние годы тепловые насосы находят все более широкое применение. Во многих технологических процессах происходит неполное использование первичной энергии, такая неиспользованная энергия относится к вторичным энергетическим ресурсам. В производстве силикатного кирпича основным*

технологическим процессом является автоклавирование в котором используется насыщенный пар высоких параметров. Конденсат пара можно использовать для работы теплового насоса. Таким образом, использование отработавшего теплоносителя в качестве низкопотенциального источника тепла способствует рациональному использованию вторичных энергетических ресурсов и развитию энергосберегающих технологий. Теплоснабжение с помощью тепловых насосов представляет собой современные, приоритетные экологически чистые технологии.

**Ключевые слова:** тепловой насос, низкопотенциальный источник, теплоноситель, энергоэффективность, энергосберегающие технологии.

#### Information about the authors

**Olga Aleksandrovna Stepanova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Rauan Alshingazinovich Khamitov** – Master's student of the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: khamitov\_rauan@mail.ru

**Temirlan Nurlanuly Umyrzhan\*** – Senior Lecturer, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Akbota Ryspekovna Khazhidinova** – PhD, Acting Associate Professor, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Ольга Александровна Степанова** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының меңгерушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Рауан Алшингазинович Хамитов** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: khamitov\_rauan@mail.ru

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Ақбота Рыспековна Хажидинова** – PhD докторы, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а.; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

#### Сведения об авторах

**Ольга Александровна Степанова** – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5221-1772.

**Рауан Алшингазинович Хамитов** – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: khamitov\_rauan@mail.ru

**Темірлан Нұрланұлы Умыржан\*** – старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: 0009-0008-9111-1975.

**Ақбота Рыспековна Хажидинова** – PhD, и.о ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

*Received 29.05.2024*

*Revised 03.06.2024*

*Accepted 12.06.2024*

N.V. Akatyev\*, M.K. Khapiyeva, R.Z. Kenzhegalieva, T.B. Seilova

M. Utemisov West Kazakhstan University,

090000, Republic of Kazakhstan, Uralsk, N. Nazarbayev Ave. 162

\*e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz

## BLACKCURRANT (*RIBES NIGRUM*) FROM WESTERN KAZAKHSTAN – A NOVEL NATURAL ECO-FREINDLY CORROSION INHIBITOR OF CARBON STEEL

**Annotation:** In the current study, weight loss measurements and electrochemical methods were used to examine the inhibitory characteristics of the aqueous extract of *Ribes nigrum* leaves on the corrosion of carbon steel in hydrochloric acid medium. It has been determined that in  $1.0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  HCl, the inhibition efficiency of the extract can reach up to 92,66%. Metal protection ability was found to increase with increasing inhibitor concentration. It was observed that high inhibition efficiency is a result of spontaneous physisorption of the inhibitor ( $\Delta G^0_{\text{abs}} > -20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) on the carbon steel surface directly obeys the Langmuir absorption model. The polarization curves analysis revealed the mixed-type inhibition behavior of the studied extract with the highest inhibition efficiency achieved at inhibitor concentration of  $2.0 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . The electrochemical and gravimetric data were found in great agreement. The assumption that the inhibitory effect of the extract is caused by the adsorption of phenolic compounds was made by the performing of UV-vis spectrophotometric analysis of the corrosive medium before and after the immersion of the carbon steel specimen. Aqueous extract of the *R. nigrum* leaves was proposed as a low-cost, environmentally friendly and effective corrosion inhibitor.

**Key words:** *Ribes nigrum*; plant extracts; leaves aqueous extract; inhibition efficiency; «green» inhibitors; metal protection.

### Introduction

The chemical or electrochemical process that occurs when metals or alloys come into the contact with a chemically aggressive environment is commonly referred as corrosion. The metallic material is frequently destroyed during the corrosion process and its properties are also rapidly deteriorate [1]. To prevent corrosion damage of metals various methods are used, including electroplating, alloying, cathodic and anodic protection, laser treatment and the use of inhibitors [2].

Inhibitors of corrosion can be classified as either organic or inorganic. However, the majority of them are not «green» or environmentally friendly [3]. On the other hand, it is commonly known that organic compounds bearing N, S, and O heteroatoms in spite of their strong inhibition efficiency are not only expensive but also harmful to humans and animals. Therefore, there is no need to overstate the significance of corrosion inhibitors that are readily available, low-cost, and eco-friendly [4].

Plants are considered as the most perspective source of «green» inhibitors [5]. Throughout history, people have used plants to meet their needs for clothing, food, shelter, fertilizer, and medicine [6]. Nonetheless, the first application of plant extracts in  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pickling baths occurred in the 1930s. This time frame may be seen as the start of their application as natural products for metal protection [7].

Plants are abundant sources of natural organic compounds, such as phenolics, flavonoids, alkaloids etc. These compounds have a high ability to sorb onto metallic surface and thus they can shield various metals and alloys from the damaging impacts of diverse corrosion media [8]. For this purpose, it is possible to successfully use both whole plants and parts of the plants [9]. Plant extracts are now considered as the most essential eco-friendly, affordable, and renewable sources for successful anti-corrosion applications [10].

The West Kazakhstan region (WKR) has more than 1500 plant species, which belong to more than 700 families. This biodiversity offers unique opportunities in the various «green» technology fields include development of antioxidants [11], protection of human skin against solar radiation [12] and prevention of metals against corrosion [13].

Blackcurrant (*Ribes nigrum*) is a small deciduous shrub 1 - 2 m tall belonging to *Grossulariaceae* family (Fig. 1). Being widely available for study and usage, it is among the most prevalent plants in the WKR.



Figure 1 – Blackcurrant (*Ribes nigrum*), (fam. *Grossulariaceae*): whole plant (A) and leaves (B)

Among the 150 species of shrubs from the genus *Ribes* *R. nigrum* berries are differ with the wide range of bioactive components, phytonutrients, and antioxidants. These berries contain high levels of beneficial plant compounds like anthocyanins, along with vitamins A, C, and E, essential fatty acids, omega-6 fatty acids, and gamma-linolenic acid [14-16]. Delphinidin-3-rutinoside, cyanidin-3-glucoside, and delphinidin-3-rutinoside are the primary anthocyanins was also found in *R. nigrum* [17]. Ascorbic acid plays a key role as a phytocomponent in enhancing the potent antioxidant properties found in blackcurrant [18]. It was earlier been reported that vitamin C level of *R. nigrum* is up to 50 times higher than in apples and 3.4-7 times higher than in oranges [19]. The *R. nigrum* seeds may be used to extract oil, which is often used in cosmetics [20] because they are a great source of gamma-linolenic acid, or omega-6 fatty acids [21].

Blackcurrants' beneficial properties are able to reduce the risk of a number of serious diseases, including postmenopausal osteoporosis and glaucoma [22, 23]. In addition, compared to other fruits and berries, *R. nigrum* is low in calories and salt but contains significant amounts of Ca, K, Mg etc [24].

In this work we turn our attention to the ability of aqueous extracts of *R. nigrum* leaves to prevent corrosion on carbon steel. The choice of leaves is based on the fact that they typically contain higher concentrations of active phytochemicals such as polyphenols, flavonoids and alkaloids, which can act as effective corrosion inhibitors [25]. In addition, the extraction of active components from leaves is generally easier and more efficient [26], and harvesting the leaves is significantly less harmful to the plant than harvesting roots or stems [27], allowing continuous use of the plant without killing it, making the process more environmentally friendly. Inhibition efficiency, thermodynamics, kinetics, and absorption behavior of obtained inhibitor was the focus of our investigation. Gravimetric and electrochemical techniques were used for this purpose.

#### Materials and methods

**Reagents and solvents.** All of the reagents were used without additional purification and are of analytical grade. The extraction and preparation of the corrosion media were performed with double-distilled water (DDW) obtained from glass distillation apparatus.

**Plant collection.** The fresh plants were gathered away from roads and industrial structures in the suburbs of Uralsk, in their natural habitat. The World Flora Online database [28] and the herbarium of M. Utemisov West Kazakhstan University's Faculty of Natural Sciences both provided confirmation of the plant species. The plants were thoroughly cleaned with tap water and twice washed with DDW followed by the drying in a shaded area on air for two weeks. The samples were then ground into a fine powder, sieved through a 1.0 mm, and stored at 4°C.

**Preparation of the extract.** 10 g of ground-up, dried plant material was transferred into a 250 ml Erlenmeyer flask, and extracted 3 times in a water bath with 100 ml of DDW at 60°C for 8 hours.



The temperature was maintained using a TW-2.02 water thermostat with an accuracy of  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . The extracts were then combined and evaporated. After being dried to constant weight at  $50^\circ\text{C}$  extracts were kept in dark, sealed vials at  $4^\circ\text{C}$  until further use for anti-corrosion tests.

**Sample preparation.** Carbon steel specimens with composition of (wt. %) 97,8 – Fe; 0,22 – C; 0,65 – Mn; 0,30 – Si; 0,04 – P; 0,05 – S; 0,30 – Cr; 0,30 – Ni; 0,30 – Cu; 0,01 – N; 0,08 and dimensions of 25,0 x 35,0 x 3,0 mm were obtained from industry and used for corrosion tests. Prior to the experiment specimens were sequentially polished with emery paper ranging in grit numbers from 250 to 1200. Then, after being washed in running water and DDW from oxides and dust, the abraded specimens were cleaned and degreased using ethanol and acetone. Prepared specimens were stored in a desiccator over silica gel until the following corrosion experiments.

#### Weight loss (gravimetric) method

The corrosion rate (CR), degree of surface coverage ( $\theta$ ), and inhibition efficiency (IE) were assessed through the weight loss experiments. Each specimen was submerged in an open-air beaker filled with 100 ml of room-temperature corrosion medium. Specimens were removed from the beaker after the immersion period and cleaned with soft brush under running water, DDW, and thereafter, in a solution containing 50% NaOH and 100 g of zinc dust [29] to eliminate any remaining corrosion product residues. Before reweighing, the specimens were again washed under running water, DDW, rinsed in ethanol, acetone, and dried. The Ohaus Adventurer Pro AV264 analytical balance, with an accuracy of  $\pm 0.1\text{mg}$ , was used for all weight measurements.

Equations 1-3 were used to calculate the corrosion rate ( $\text{CR g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ), inhibition efficiency (IE%), and degree of surface coverage ( $\theta$ ) respectively:

$$CR(\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}) = \frac{\Delta m}{S\cdot\tau} \quad (1)$$

$$IE(\%) = \frac{CR_0 - CR_i}{CR_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$\theta = \frac{IE(\%)}{100} \quad (3)$$

where  $\Delta m$  – is the weight loss of the carbon steel specimen (g) after the immersion time (h),  $CR_0$  – the corrosion rate of carbon steel without inhibitor,  $CR_i$  – the corrosion rate of carbon steel with the addition of the inhibitor.

**Absorption and thermodynamics.** The Langmuir adsorption isotherms were used to describe the adsorption mechanism of the inhibitor on the carbon steel surface [30]:

$$\frac{C_{inh}}{\theta} = \frac{1}{K_{abs}} + C_{inh} \quad (4)$$

where  $C_{inh}$  is the concentration of the inhibitor,  $\theta$  is the degree of surface coverage, and  $K_{abs}$  is the absorption-desorption process equilibrium constant. The intercepts of the isotherms provided the values of the absorption equilibrium constants ( $K_{abs}$ ). Equation 5 represents the relationship between the absorption equilibrium constant and the Gibbs free energy:

$$\Delta G_{abs}^0 = -RT \ln(55.5 K_{abs}) \quad (5)$$

where  $\Delta G_{abs}^0$  is the Gibbs free energy of absorption,  $R$  is the universal gas constant ( $8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ),  $T$  is the system's thermodynamic temperature, and 55.5 is the molar concentration of water  $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Electrochemical measurement.** The same pretreatment was applied to the steel specimens for the electrochemical experiment as for the weight loss test. The Autolab PGSTAT 101 Metrohm potentiostat/galvanostat, equipped with the NOVA 2.1.6 software, was used for the electrochemical test. Three-electrode setup was used to electrochemical measurements: reference electrode (Ag/AgCl filled with  $3.0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  KCl), counter electrode (platinum), and working electrode (steel specimen). A beaker containing 100 ml of  $1.0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  HCl, both with and without inhibitor, served as the electrochemical cell. The working electrode, with an exposed area  $0,82 \text{ cm}^2$  was stabilized during open circuit potential (OCP) testing. The linear sweep voltammetry (LSV) staircase and

corrosion rate analysis were used to perform linear polarization measurements right after the OCP. Potentiodynamic scanning was performed with a step voltage of 0.01V and a scan rate of 0.01 V/s between -0.50 and +0.50 V. From the Tafel polarization curves, the corrosion potential ( $E_{corr}$ ) and corrosion current density ( $i_{corr}$ ) were established.

Equation 6 was used to obtain the inhibition efficiency ( $IE_i(\%)$ ) through the corrosion current [31]:

$$IE_i(\%) = \frac{i_{inh} - i_{corr}}{i_{inh}} \cdot 100 \quad (6)$$

where  $i_{inh}$  and  $i_{corr}$  are the corrosion current densities determined by extrapolating the Tafel slopes with and without inhibitors respectively,  $A \cdot cm^{-2}$ .

Using the equation (7), the inhibition efficiency through the polarization resistance ( $IE_R(\%)$ ) was determined [32]:

$$IE_R(\%) = \frac{R_p^{inh} - R_p^0}{R_p^{inh}} \cdot 100 \quad (7)$$

where  $R_p^{inh}$  and  $R_p^0$  represent the charge transfer resistance with and without inhibitor respectively,  $\Omega$ .

The experimental results are given as the average of three independent determinations ( $n = 3$ )  $\pm$  standard deviation (SD) with  $\alpha = 0.95$ .

## Results and discussion

### Weight loss assay.

The inhibitory effect of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves was examined for the typical corrosion media including the model medium recommended by the National Association of Corrosion Engineers (NACE) of USA [33]. Screening results are shown in Table 1.

Table 1 – Inhibition efficiency ( $IE(\%)$ ) of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves against corrosion of carbon steel in typical corrosion media at the inhibitor concentration of  $1.0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  at room temperature

Entry	Corrosion media	Concentration	CR, $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$		$\theta$	IE, %
			Blank	With inhibitor		
1	CH <sub>3</sub> COOH	1,0 mol·dm <sup>-3</sup>	2,62	1,21	0,5393	53,93 ± 4,93
2		0,5 mol·dm <sup>-3</sup>	1,44	0,87	0,3939	39,39 ± 2,58
3		0,1 mol·dm <sup>-3</sup>	1,65	1,07	0,3530	35,30 ± 2,88
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0 mol·dm <sup>-3</sup>	24,23	5,39	0,7773	77,73 ± 4,19
5		0,5 mol·dm <sup>-3</sup>	5,11	2,45	0,5197	51,97 ± 4,01
6		0,1 mol·dm <sup>-3</sup>	9,42	5,06	0,4629	46,29 ± 2,05
7	HNO <sub>3</sub>	1,0 mol·dm <sup>-3</sup>	3,68	2,26	0,3857	38,57 ± 3,03
8		0,5 mol·dm <sup>-3</sup>	36,66	23,14	0,3687	36,87 ± 2,51
9		0,1 mol·dm <sup>-3</sup>	15,86	11,12	0,2990	29,90 ± 2,12
10	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,0 mol·dm <sup>-3</sup>	3,50	1,15	0,6704	67,04 ± 3,26
11		0,5 mol·dm <sup>-3</sup>	6,81	2,31	0,6605	66,05 ± 4,11
12		0,1 mol·dm <sup>-3</sup>	4,05	2,38	0,4113	41,13 ± 3,56
13	HCl	1,0 mol·dm <sup>-3</sup>	5,72	0,68	0,9048	88,06 ± 4,85
14		0,5 mol·dm <sup>-3</sup>	3,87	0,56	0,8543	85,43 ± 4,73
15		0,1 mol·dm <sup>-3</sup>	4,16	0,65	0,8428	84,28 ± 5,06
16	NACE medium	NaCl 5,0 g·dm <sup>-3</sup> + CH <sub>3</sub> COOH 0,25 g·dm <sup>-3</sup>	0,39	0,35	0,5229	52,29 ± 3,48
17	NaCl	3.0%	0,46	0,22	0,1070	10,70 ± 2,22
18	DDW	-	0,50	0,30	0,3980	39,80 ± 2,96

The data from Table 1 show that aqueous extract of *R. nigrum* leaves exhibits inhibitory properties in all corrosion media tested, with an IE range of 10.70 (3,0% NaCl, Entry 17) to 88,06% (1,0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl, Entry 13). The extract also demonstrated high IE in HCl solutions at 0,5 mol·dm<sup>-3</sup> (85,43%) and 0,1 mol·dm<sup>-3</sup> (84,28%) (Entries 14 and 15 respectively). The lowest IE values for

tested extract were observed in HNO<sub>3</sub> solutions (Entries 7-9) and for the saline and neutral environment (Entries 17 and 18 respectively).

Finding the kinetic and thermodynamic parameters of inhibition in the specified medium was the next step in our investigation because the aqueous extract of *R. nigrum* leaves had the highest IE in a 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution. The tests were carried out at room temperature over an exposure time of 2-24 hours and inhibitor concentrations of 0,1-2,0 g·dm<sup>-3</sup>.

Figure 2 shows the effect of exposure time and inhibitor concentration on the IE of aqueous extract of *R. nigrum* leaves in 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solutions.

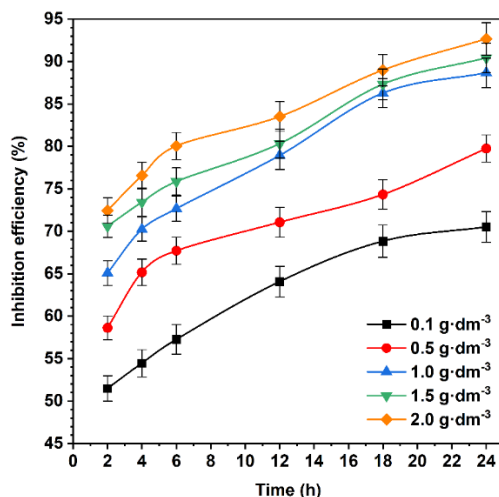


Figure 2 – Relationship between the IE (%) of aqueous extract of *R. nigrum* leaves on carbon steel in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution from the different inhibitor concentration and immersion time at room temperature

As can be seen, the IE of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves in 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution at different inhibitor concentrations increases over time. The presence of an induction period demonstrates that at least 6 hours are needed in a given corrosive medium for the inhibitor to form a maximally effective protective layer. An increase in inhibitor concentration leads to an increase in protective properties. The most effective corrosion inhibition was observed at the inhibitor concentration of 2,0 g·dm<sup>-3</sup>. Therefore, higher concentrations of the inhibitor should be used for the most optimal inhibition effectiveness. These results suggest that the aqueous extract of *R. nigrum* leaves has good prospects for use in preventing metal corrosion in highly acidic environments.

The inhibitor can adsorb on the metal surface by chemical, physical or combined way. Finding the values of the Gibbs free energy ( $\Delta G^0_{abs}$ ) is necessary to characterize the absorption mechanism. The electrostatic interaction (physisorption) between charged inhibitor molecules and metal surfaces is represented by  $\Delta G^0_{abs}$  values up to -20 kJ·mol<sup>-1</sup>. A value less than or equal to about -40 kJ·mol<sup>-1</sup>, commonly considered the threshold between chemisorption and physisorption, indicates the chemical character of the sorption [34].

Langmuir adsorption isotherms of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves in 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution at experimental temperatures was shown in Fig. 3.

Fig. 3 illustrates that the plots of C/θ against inhibitor concentration exhibit as straight lines at both temperatures. The linear approximation with values of the correlation coefficient greater than 0.99 clearly shows that the Langmuir model is suitable for describing of the adsorption of *R. nigrum* leaves aqueous extract on carbon steel surface. This confirms that the inhibition is due to the adsorption of the active organic compounds from plant extract on the carbon steel surface. Additionally, this demonstrates that due to the absorption from the solution, there is an exchange between the water molecules and the inhibitor molecules on the metal surface [35].

In accordance with the slopes and intercepts of the linear plots, the Gibbs free energy ( $\Delta G^0_{ads}$ ) and  $K_{abs}$  values for the aqueous extract of *R. nigrum* leaves were calculated. Obtained values are presented in Table 2.

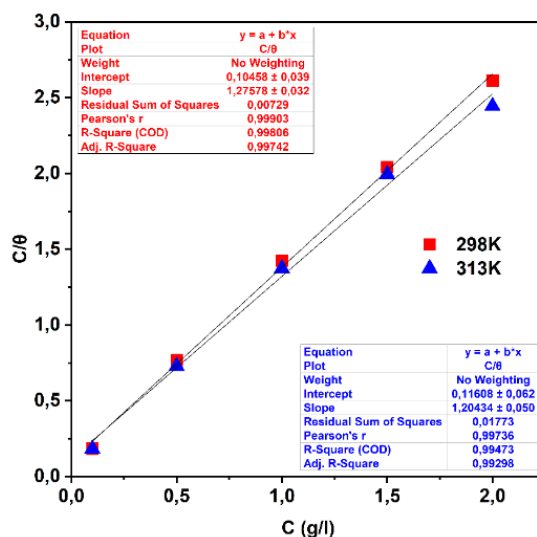


Figure 3 – Langmuir isotherms for adsorption of *R. nigrum* leaves aqueous extract in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution for 4 hours immersion period at 298 and 313 K

Table 2 – Thermodynamic parameters of adsorption of aqueous extract of *R. nigrum* leaves on carbon steel surface in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution

Temperature, K	Slope	Intercept	R <sup>2</sup>	K <sub>abs</sub>	ΔG <sup>0</sup> <sub>abs</sub> , kJ·mol <sup>-1</sup>
298	1,27578	0,10458	0,99806	9,5621	-15,55
313	1,20434	0,11608	0,99473	8,6147	-16,06

Negative values of ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub> indicate that the absorption of aqueous extract of *R. nigrum* leaves onto the carbon steel surface occurs spontaneously [36]. The value of ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub> > -20 kJ·mol<sup>-1</sup> clearly shows that the adsorption is physical (physisorption) and occurs as a result of an electrostatic interaction between charged inhibitor molecules and the steel surface [37]. Increasing the temperature and concentration of the inhibitor accelerates the adsorption-desorption processes and promotes the formation of a stable protective barrier on the metal surface [38].

**Metal surface analysis.** Micrographs of the steel surface were also used to investigate the protective effect of the *R. nigrum* leaves aqueous extract. The polished specimen and the test specimens were observed under an optical microscope. Fig. 4 displays micrographs of carbon steel surfaces taken both before and after they were submerged in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution with and without the inhibitor.



Figure 4 – Micrographs (x50) of the carbon steel surface after 24 hours of immersion in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution: before immersion (a), in the absence (b) and in the presence (c) of aqueous extract of *R. nigrum* leaves at a concentration of 1,0 g·dm<sup>-3</sup>

The steel plate's surface had a noticeable metallic luster and was uniform before it was exposed to a corrosive environment (Fig.4a). The surface structure changes significantly when exposed to an acid solution without the presence of an inhibitor. A dark, porous, loose layer with obvious pits and cracks forms (Fig.4b). Conversely, in the presence of an inhibitor, the protective coating develops and the metallic shine disappears, but the metal's structure remains intact (Fig.4c).

**UV–visible spectroscopy analysis.** In addition, to confirm that the protective effect is due precisely to the absorption of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves on the metal surface, UV-spectrometric analysis of the corrosive environment was carried out. UV-vis spectra were recorded before and after immersion a carbon steel specimen for 24 h at presents of the inhibitor. Results are given in Fig. 5.

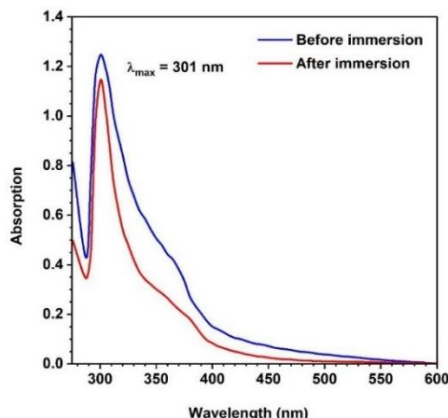


Figure 5 – UV–vis spectra of 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution containing 0.1 g·dm<sup>-3</sup> of *R. nigrum* leaves aqueous extract before (blue line) and after 24 h immersion (red line) of carbon steel specimen

The UV-vis spectrum of the solution of *R. nigrum* leaves aqueous extract in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl before and after immersion shows the maximum absorbance at 301 nm that is typical for phenolic phytochemicals. Nevertheless, after immersion of the steel specimen the intensity of the absorption decreased. However, there are no any shifts of maximum absorbance in the UV-vis spectra were observed. Since absorption in given wavelength range is due only to the presence of the extract, the decrease in absorption intensity is caused by a decrease in its concentration, which in turn can be explained by sorption of *R. nigrum* leaves aqueous extract components from the solution on the metal surface. It is well known that absorption at 340-360 nm is typical for flavonols [39]. The most intensive hypochromic effect localized in this region of the UV-vis-spectra allows to propose that the inhibitory activity of *R. nigrum* leaves aqueous extract is determined by absorption of the phenolic compounds, predominantly flavonols.

**Electrochemical experiment.** The OCP evaluation for the carbon steel was carried out both with and without the *R. nigrum* leaves aqueous extract, during a 60-second immersion in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution. Fig. 6A indicates that the OCP achieve a condition of equilibrium before the 60 s was over. Shift of OCP value at presents of different concentrations of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves could be a sign that inhibitor molecules had been adsorbed to the carbon steel surface. Nevertheless, a positive shift in OCP reveals that *R. nigrum* leaves aqueous extract mostly inhibits the anodic process [40].

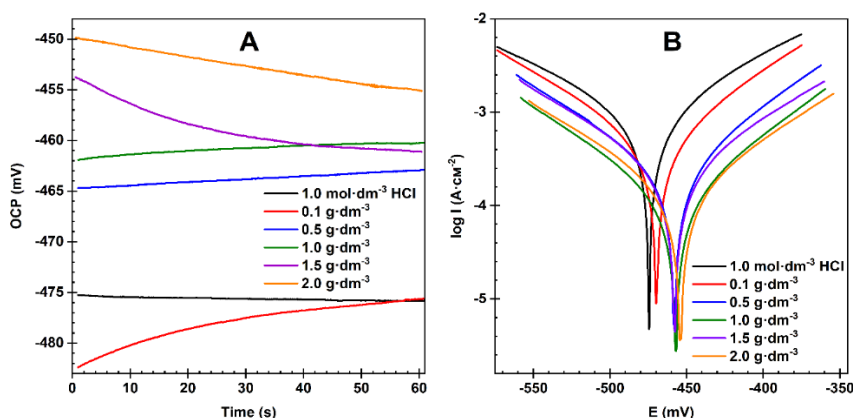


Figure 6 – OCP vs time diagram (A) and Tafel polarization curves (B) for carbon steel in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution with and without of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves at room temperature

Figure 6B shows the potentiodynamic polarization curves for carbon steel in 1,0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solutions with different concentrations and without aqueous extract of *R. nigrum* leaves. The electrochemical data of the corrosion process derived from polarization curves using corrosion rate analysis are shown in Table 3.

Table 3 – The electrochemical corrosion parameters of carbon steel in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl in the absence and presence of different concentrations of aqueous extract of *R. nigrum* leaves at room temperature

Concentration, g·dm <sup>-3</sup>	-E <sub>corr</sub> , mV	J <sub>corr</sub> , A·cm <sup>-2</sup>	IE <sub>i</sub> , %	b <sub>a</sub>  , mV·dec <sup>-1</sup>	b <sub>c</sub>  , mV·dec <sup>-1</sup>	R <sub>p</sub> , Ω	IE <sub>R</sub> , %
0,0	474,52	1,04·10 <sup>-3</sup>	-	108,78	127,25	29,84	-
0,1	469,61	5,33·10 <sup>-4</sup>	72,39	86,20	101,47	46,31	79,89
0,5	457,95	2,72·10 <sup>-4</sup>	73,88	81,98	99,12	87,16	82,99
1,0	457,84	2,35·10 <sup>-4</sup>	76,39	87,04	95,84	102,60	83,37
1,5	454,04	1,57·10 <sup>-4</sup>	78,55	91,85	96,06	158,29	83,70
2,0	457,11	1,31·10 <sup>-4</sup>	80,65	79,41	90,71	170,04	86,18

The presence of aqueous extract of *R. nigrum* leaves results in a significant decrease in the corrosion rate of carbon steel in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl. The corrosion current density (J<sub>corr</sub>) values are significantly lower in the presence of the inhibitor, indicating that aqueous extract of *R. nigrum* leaves effectively protect the metal surface from corrosion [41]. The values of polarization resistance (R<sub>p</sub>) increase with the addition of inhibitor, which confirms the formation of a protective layer on the steel surface consequently preventing corrosion damage [42]. As can be seen, both the cathodic and anodic parts of the polarization curves noticeably shift in the presence of an inhibitor. Thus, the aqueous extract of *R. nigrum* leaves acts as a mixed type inhibitor, slowing down both the cathodic and anodic reactions [43]. Nevertheless, the cathodic site shifts |b<sub>c</sub>| are larger than the anodic |b<sub>a</sub>|. This implies that the cathodic polarization is more strongly affected by the inhibitor than the anodic one.

In the presence of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves, the inhibitory effect values determined using equations 6 and 7 from corrosion current and polarization resistance, respectively, increase significantly with increasing in inhibitor concentration. This also indicates that the studied inhibitor has a high potential to prevent the corrosion of carbon steel in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution. The electrochemical and gravimetric data were found to be in excellent agreement.

Analysis of literary sources revealed that plants of the genus *Ribes*, with the exception of *Ribes rubrum*, have not been studied as “green” corrosion inhibitors. An aqueous extract of *Ribes rubrum* berries at a concentration of 800 ppm in a 1 M HCl solution was shown to provide 64% protection of mild steel [44], which is slightly lower than the results obtained for *Ribes nigrum* leaves in our investigation. Thus, our study can be considered as the first example of the effective use of aqueous extracts of *Ribes nigrum* leaves as an environmentally friendly corrosion inhibitor.

## Conclusion

Despite enormous scientific and technological progress, including the field of material protection, modern industry needs to develop environmentally friendly and effective approaches to protecting metals from corrosion destruction. The creation of inhibitors based on natural products plays a key role in this scientific direction.

In this work, the corrosion protection potential of the aqueous extract of *R. nigrum* leaves was investigated gravimetrically and electrochemically. The aqueous extract of *R. nigrum* leaves in 1.0 mol·dm<sup>-3</sup> HCl solution was found to have excellent protective effect on carbon steel, providing an inhibitory effect of up to 92.66%. According to the Langmuir model a stable protective monolayer is formed as a result of the inhibitor's adsorption on the steel surface. Negative values of Gibbs free energy revealed the spontaneous physisorption of the inhibitor. The inhibitory effect of the extract is probably due to the adsorption of phenolic compounds. Investigation results suggest that the aqueous extract of *R. nigrum* leaves is one of the most promising candidates for the development of “green” corrosion inhibitors for multiple industrial and technical applications.

## References

1. Ukoba O.K. Corrosion behaviour of ductile iron in different environment / O.K. Ukoba, P.K. Oke, M.C. Ibegbulam // Journal of Science and Tech. – 2012. – T.2. – P. 618-612.
2. Corrosion inhibitors. A review / A. Kadhim et al // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2021. – T.10, № 1. – P. 54-67.
3. Epoxy pre-polymers as new and effective materials for corrosion inhibition of carbon steel in acidic medium: Computational and experimental studies / O. Dagdag et al // Scientific reports. – 2019. – T.9, № 1. – 11715 P.
4. Dariva C.G. Corrosion inhibitors–principles, mechanisms and applications / C.G. Dariva, A.F. Galio // Developments in corrosion protection. – 2014. – T.16. – P. 365-378.
5. Verma C. Phytochemistry in Corrosion Science: Plant Extracts and Phytochemicals as Corrosion Inhibitors / C. Verma, A. Kumar, A. Thakur // CRC Press, 2024.
6. Jamshidi-Kia F. Medicinal plants: Past history and future perspective / F. Jamshidi-Kia, Z. Lorigooini, H. Amini-Khoei // J herbmed pharmacol. – 2018. – T.7, № 1. – P. 1-7.
7. Sanyal B. Organic compounds as corrosion inhibitors in different environments – a review / B. Sanyal // Progress in Organic Coatings. – 1981. – T.9, № 2. – P. 165-236.
8. Dehghani A. Green Eucalyptus leaf extract: A potent source of bio-active corrosion inhibitors for mild steel / A. Dehghani, G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh // Bioelectrochemistry. – 2019. – T.130. – 107339.
9. A comparative study of the accumulation of trace elements in Brassicaceae plant species with phytoremediation potential / Drozdova I. et al // Applied Geochemistry. – 2019. – T.108. – 104377.
10. Hossain N. An overview of green corrosion inhibitors for sustainable and environment friendly industrial development / N. Hossain, M. Asaduzzaman Chowdhury, M. Kchaou // Journal of Adhesion Science and Technology. – 2021. – T.35, № 7. – P. 673-690.
11. Investigation of antioxidant properties of aqueous extracts of *Chenopodium album* linn / D.D. Suyungaliyeva et al // Vestnik WKU. – 2023. – № 1. – P. 187-193.
12. Akatyev N.V. Investigation of sun protection capacity of *Plantago major* roots, leaves and seeds extracts against UVB-rays by UV-Vis-spectroscopy / N.V. Akatyev, A.K. Jamanbaliyeva, T.B. Seilova // International scientific and practical conference «Trends in the development of natural and technical sciences in the modern world». – Petropavlovsk, 2022. – P.194-198.
13. Seilova T.B. Narrow-Leaved Pepperwort (*Lepidium Ruderale* L.) From Western Kazakhstan - A New «Green» Corrosion Inhibitor For Carbon Steel / T.B. Seilova, N.V. Akatyev // Vestnik WKU. – 2023. – № 2. – P. 172-182.
14. The health benefits of blackcurrants / A. Gopalan et al. // Food & function. – 2012. – T. 3, № 8. – P. 795-809.
15. Quantitative trait loci mapping of polyphenol metabolites in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) / I.N. Abreu et al // Metabolomics. – 2020. – T.16. – P. 1-23.
16. Wijekoon C. Bioactive Phenolic and Fatty Acid Composition of Canadian Wild Gooseberry and Blackcurrant / C. Wijekoon, S. Sura // SLIIT Journal of Humanities and Sciences. – 2021. – T. 2, № 1.
17. Bordonaba G.J. Maximising blackcurrant anthocyanins: temporal changes during ripening and storage in different genotypes / G.J. Bordonaba, G.A. Choje, L.A. Terry // Journal of Berry Research. – 2010. – T. 1, № 2. – P. 73-80.
18. Oczkowski M. Health-promoting effects of bioactive compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Berries / M. Oczkowski // Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. – 2021. – T. 72, № 3. – P. 229-238.
19. Dale A. Potential for *Ribes* cultivation in North America / A. Dale // HortTechnology. – 2000. – T. 10, № 3. – P. 548-554.
20. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study / P. Knekt et al // BMJ. – 1996. – T. 312, № 7029. – P. 478-481.
21. Bakowska-Barczak A.M. Characterization of Canadian black currant (*Ribes nigrum* L.) seed oils and residues / A.M. Bakowska-Barczak, A. Schieber, P. Kolodziejczyk // Journal of agricultural and food chemistry. – 2009. – T. 57, № 24. – P. 11528-11536.
22. Blackcurrants reduce the risk of postmenopausal osteoporosis: a pilot double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial / B.M. Nosal et al // Nutrients. – 2022. – T. 14, № 23. – P. 4971.

23. Yoshida K. Black currant anthocyanins normalized abnormal levels of serum concentrations of endothelin-1 in patients with glaucoma / K. Yoshida, I. Ohguro, H. Ohguro // *Journal of ocular pharmacology and therapeutics*. – 2013. – T. 29, № 5. – P. 480-487.
24. Staszowska-Karkut M. Phenolic composition, mineral content, and beneficial bioactivities of leaf extracts from Black Currant (*Ribes nigrum* L.), raspberry (*Rubus idaeus*), and aronia (*Aronia melanocarpa*) / M. Staszowska-Karkut, M. Materska // *Nutrients*. – 2020. – T. 12, № 2. – P. 463.
25. Green corrosion inhibitors based on plant extracts for metals and alloys in corrosive environment: a technological and scientific prospection / W.R. de Souza Morais et al // *Applied Sciences*. – 2023. – T. 13, № 13. – P. 7482.
26. Singh A. Corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution by some plant extracts / A. Singh, E.E. Ebenso, M.A. Quraishi // *International Journal of corrosion*. – 2012. – № 1. – P. 897430.
27. Corrosion inhibition mechanism and extraction technology of plant corrosion inhibitors: a review / X. Wang et al // *Journal of Adhesion Science and Technology*. – 2023. – T. 37, № 21. – P. 2919-2943.
28. <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000405161>
29. ISO 8407-2021. Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens. – Geneva, Switzerland, 2021.
30. Nickel and zinc effects, accumulation and distribution in ruderal plants *Lepidium ruderales* and *Capsella bursa-pastoris* / A.D. Kozhevnikova et al // *Acta physiologiae plantarum*. – 2014. – T. 36. – P. 3291-3305.
31. Corrosion inhibition effect of magnolia grandiflora leaves extract on mild steel in acid solution / B. Li et al // *International Journal of Electrochemical Science*. – 2023. – T. 18, № 4. – P. 100082.
32. Adsorption isotherm, kinetic and mechanism studies of some substituted phenols on activated carbon fibers / Q.S. Liu et al // *Chemical engineering journal*. – 2010. – T. 157, № 2-3. – P. 348-356.
33. Mahgoub F.M. Corrosion inhibition of mild steel in acidic solution by leaves and stem extract of *Acacia nilotica* / F.M. Mahgoub, A.M. Hefnawy, E.H. Abd Alrazzaq // *Desalin. Water Treat.* – 2019. – T. 169. – P. 49-58.
34. Miralrio A. Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: a review / A. Miralrio, A. Espinoza Vázquez // *Processes*. – 2020. – T. 8, № 8. – P. 942.
35. Polyphenolic Compounds of Plant of *Lepidium Ruderale* Linn. and Their Biological Activity / S. Nailya et al // *Journal of Biochemical Technology*. – 2018. – T. 9, № 4. – P. 77.
36. Adsorption and thermodynamics study of the inhibition of corrosion of mild steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> medium using *Vernonia amygdalina* / J.T. Nwabanne et al // *Journal of Minerals and Materials Characterization and engineering*. – 2012. – T. 11, № 09. – P. 885 - 890.
37. Corrosion inhibition of mild steel in 1 M HCl solution by henna extract: A comparative study of the inhibition by henna and its constituents (Lawson, Gallic acid, α-d-Glucose and Tannic acid) / A. Ostovari et al // *Corrosion Science*. – 2009. – T. 51, № 9. – P. 1935-1949.
38. Corrosion inhibition of carbon steel in 1 M hydrochloric acid solution by aqueous extract of *Thevetia peruviana* / A.S. Fouda et al // *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*. – 2016. – T. 2. – P. 1-13.
39. Characterization of antioxidants from *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. leaves using HPLC-DAD coupled with pre-column DPPH assay / N.R. Meda et al // *European Food Research and Technology*. – 2017. – T. 243. – P. 1659-1666.
40. Studying the temperature influence on carbon steel in sour petroleum media using facilely-designed Schiff base polymers as corrosion inhibitors / O.E. El-Azabawy et al // *Journal of Molecular Structure*. – 2023. – T. 1275. – P. 134518.
41. Raja P.B. Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media – a review / P.B. Raja, M.G. Sethuraman // *Materials letters*. – 2008. – T. 62, № 1. – P. 113-116.
42. Adsorption and corrosion inhibitive properties of 2-amino-5-mercapto-1, 3, 4-thiadiazole on mild steel in hydrochloric acid media / R. Solmaz et al // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2008. – T. 312, № 1. – P. 7-17.
43. Peculiarities of protective efficiency of nitrogen containing inhibitors of steel corrosion / L.E. Tsygankova et al. // *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*. – 2013. – T. 2, № 4. – P. 304-310.



44. Pourmohseni M. Preparation of corrosion inhibitor from natural plant for mild steel immersed in an acidic environment: experimental and theoretical study / M. Pourmohseni, A Rashidi, M. Karimkhani // Scientific Reports. – 2024. – Т. 14. – № 1. – P. 7937.

**Н.В. Акатьев\*, М.Қ. Хапиева, Р.Ж. Кенжеғалиева, Т.Б. Сейлова**

Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова,  
090000, Республика Казахстан, Уральск, проспект Н. Назарбаева, 162  
\*e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz

### **ЧЕРНАЯ СМОРОДИНА (RIBES NIGRUM) ИЗ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА – НОВЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

В настоящем исследовании метод потери массы и электрохимические методы были использованы для изучения ингибирующих свойств водного экстракта листьев *Ribes nigrum* относительно коррозии углеродистой стали в солянокислой среде. Установлено, что в  $1,0 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$  HCl эффективность ингибирования экстрактом может достигать 92,66%. Показано, что защитная способность ингибитора возрастает с увеличением его концентрации. Обнаружено, что высокая эффективность ингибирования является результатом самопроизвольной физиосорбции ингибитора ( $\Delta G_{\text{abs}}^0 > -20 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ) на поверхности углеродистой стали, которая подчиняется модели Ленгмюра. Анализ поляризационных кривых выявил смешанный тип ингибирующего действия исследуемого экстракта, при этом наибольшая эффективность ингибирования достигается при концентрации ингибитора  $2,0 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$ . Электрохимические и гравиметрические данные оказались в хорошем согласии. На основании УФ-спектрофотометрического анализа коррозионной среды до и после погружения образца углеродистой стали, сделано предположение о том, что ингибирующее действие экстракта обусловлено адсорбцией фенольных соединений. Водный экстракт листьев *R. nigrum* был предложен в качестве недорогого, экологически чистого и эффективного ингибитора коррозии.

**Ключевые слова:** *Ribes nigrum*; растительные экстракты; водный экстракт листьев; эффективность ингибиторов; «зеленые» ингибиторы; защита металла.

**Н.В. Акатьев\*, М.Қ. Хапиева, Р.Ж. Кенжеғалиева, Т.Б. Сейлова**

М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті,  
090000, Қазақстан Республикасы, Орал қ., Н. Назарбаев даңғылы, 162  
\*e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz

### **БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҚАРА ҚАРАҚАТЫ (RIBES NIGRUM) - КӨМІРТАНДЫ БОЛАТТЫҢ ЖАҢА ТАБИҒИ, ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗА КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЫ**

Бұл зерттеу жұмысында тұз қышқылы ортасындағы көміртекті болатта *Ribes nigrum* жапырақтарының сулы сығындысының коррозияға қарсы қасиеттерін зерттеу үшін масса жоғалту және электрохимиялық әдістер қолданылды.  $1,0 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$  HCl-де сығындының тежеу тиімділігі 92,66%-ға жетуі мүмкін екені анықталды. Сондай-ақ, ингибитор концентрациясы жоғарылаған сайын қорғаныс қабілеті жоғарылайтыны анықталды. Ингибитордың жоғары тиімділігі көміртекті болат бетінде өздігінен физиосорбциялануының ( $\Delta G_{\text{abs}}^0 > -20 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ) нәтижесі болып табылатындығы және Ленгмюр моделіне тікелей бағынатындығы байқалды. Поляризация қысықтарын талдау барысында зерттелген сығындының ингибиторлық әсерінің аралас түрге жататындығы анықтады. Ең үлкен тежеу тиімділігі  $2,0 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$  ингибитор концентрациясында қол жеткізілді. Электрохимиялық және гравиметриялық деректер сәйкес келді. Көміртекті болат үлгісін батыру алдында және одан кейінгі коррозиялық ортаның ультракүлгін спектрофотометриялық талдауына сүйене отырып, сығындының ингибиторлық әсері фенолды қосылыстардың адсорбциялануымен байланысты деп ұйғарылды. *R. nigrum* жапырақтарының сулы сығындысы арзан, экологиялық таза және коррозияға қарсы тиімді ингибитор ретінде ұсынылды.

**Түйін сөздер:** *Ribes nigrum*; өсімдік сығындылары; сулы жапырақ сығындылары; ингибиторлардың тиімділігі; жасыл ингибиторлар; металды қорғау.

#### **Information about the authors**

**Nikolay Vladimirovich Akatyev\*** – candidate of chemical sciences, senior lecturer, M.Utemisov West Kazakhstan university, Uralsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9248-2753>.

**Meruyet Kuanyshkyzy Khapiyeva** – master student, M. Utemisov West Kazakhstan university, Uralsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: missmeruuu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3540-9475>.

**Roza Zhalgasovna Kenzhegalieva** – master student, M. Utemisov West Kazakhstan university, Uralsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: rozka\_k90@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9236-6155>.

**Tomiris Berikovna Seilova** – master student, M. Utemisov West Kazakhstan university, Uralsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: tomy27@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2327-5977>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Николай Владимирович Акатьев\*** – химический ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., Қазақстан; e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9248-2753>.

**Мерует Куанышқызы Хапиева** – магистрант, М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., Қазақстан; e-mail: missmeruuu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3540-9475>.

**Роза Жалгасовна Кенжегалиева** – магистрант, М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., Қазақстан; e-mail: k90@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9236-6155>.

**Томирис Бериковна Сейлова** – магистрант, М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., Қазақстан; e-mail: tomy27@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2327-5977>.

#### Сведения об авторах

**Николай Владимирович Акатьев\*** – кандидат химических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, г. Уральск, Республика Казахстан; e-mail: nikolay.akatyev@wku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9248-2753>.

**Мерует Куанышқызы Хапиева** – магистрант, Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, г. Уральск, Республика Казахстан; e-mail: missmeruuu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3540-9475>.

**Роза Жалгасовна Кенжегалиева** – магистрант, Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, г. Уральск, Республика Казахстан; e-mail: k90@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9236-6155>.

**Томирис Бериковна Сейлова** – магистрант, Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, г. Уральск, Республика Казахстан; e-mail: tomy27@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2327-5977>.

Received 02.04.2024

Revised 28.05.2024

Accepted 29.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-50

МРНТИ: 31.15.37



**А. Асанов, С.А. Мамешова\*, А.А. Асанов**

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати,  
080000, Республика Казахстан, г. Тараз, ул. Толе би, 60

\*e-mail: sayat.mameshova@icloud.com

## ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИРОВАННЫХ АМИД ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОЧВ

**Аннотация:** В последние годы наблюдается увеличение деградации почв под влиянием антропогенной нагрузки. Это приводит к снижению плодородия и ухудшению качества окружающей среды. В связи с этим, возрастает потребность в разработке новых методов для создания и восстановления почвенной структуры и в статье представлены результаты исследования влияния гибридных амид функциональных полимеров на структурообразование почв. Актуальность работы обуславливается возрастающей потребностью в разработке новых методов для создания и восстановления почвенной структуры, деградирующей под влиянием человеческой деятельности. В работе изучены полимеры, отличающиеся по набору функциональных групп, заряду, конформации и типу противоионов. Проведено комплексное исследование оптических, вязкостных и электропроводных свойств. Идентифицированы типы функциональных групп и установлены количественные соотношения между ними. Определены типы полимеров и влияние

условий синтеза на концентрацию дестабилизирующих и стабилизирующих факторов, обуславливающих структурообразующие свойства полимерных образцов в дисперсных системах. Показаны области применения полученных полимеров и дано пояснение природы функциональных свойств. Результаты работы имеют важное значение для разработки новых экологически безопасных методов структурирования, дестабилизации и стабилизации дисперсных систем в присутствии водорастворимых полимеров. Это позволит повысить плодородие почв и улучшить качество окружающей среды.

**Ключевые слова:** структурообразование почв, дисперсные системы, водорастворимый полимер, функциональная группа, гибрид, стабилизация, дестабилизация, макромолекула.

## **Введение**

Почва является одним из важнейших компонентов биосферы, играя ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и регулировании глобального климата. Структурное состояние почвы, определяемое ее агрегатным составом, пористостью и водопроницаемостью, напрямую влияет на ее плодородие и устойчивость к деградации [1].

Структура почвы является предпосылкой функционирования почвы и, следовательно, ее способности поддерживать жизнь растений и животных. Она контролирует различные важные свойства и процессы почвы, такие как проводимость и удержание почвенной воды, газообмен и эрозия. Кроме того, структура почвы также сильно влияет на динамику органического вещества и питательных веществ в почве, проникновение корней и урожайность [2].

Для повышения устойчивости почвы к эрозии разработаны различные подходы, в том числе внесение удобрений [3-5], искусственное загрязнение [6, 7]. Использование искусственных структурообразователей, полимеров и сополимеров считается эффективным методом улучшения структурного состояния пахотных почв [8, 9].

За последние годы все большее внимания уделяется использованию полимеров для улучшения структуры почв. В частности, гибридные амид функциональные полимеры представляют собой перспективный класс материалов, способных модифицировать физико-химические свойства почвы и стимулировать рост растений [10].

Современная химическая наука требует ускоренного развития сферы, и в частности посвященной получению новых видов водорастворимых полимеров и изучению влияния на структурирование, стабилизацию и дестабилизацию дисперсных систем [11].

При оптимальных и низких концентрациях водорастворимых полимеров наблюдается стабилизация дисперсных систем. С увеличением концентрации водорастворимых полимеров происходит структурирование [12].

Согласно научным литературным данным [11], структурирование, дестабилизация и стабилизация дисперсных систем в присутствии водорастворимых полимеров зависят от: природы функциональных групп, молярного соотношения, знака заряда, которые расположены в макромолекулярной цепи [13].

Для управления свойствами водорастворимых полимеров необходимо проводить исследования, направленные на разработку путей синтеза полимерных видов, обладающих заданными свойствами.

## **Объекты исследования**

В работе использованы образец почвы Жамбылской области (Казахстан), винилацетат («Sigma-Aldrich», Германия), акриламид («AppliChem», Германия), гидроксид натрия («Sigma-Aldrich», Германия), гидроксид калия («Sigma-Aldrich», Германия), 2-метил-5-винилпиридин («Экотек», Россия) и полиакриламид (ПАА, «Альбион», Россия).

## **Методы исследования**

Оптическую плотность исследуемых образцов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ (ООО «ЭКРОСХИМ», Санкт-Петербург), электропроводность на кондуктометре S230 Seven Compact Mettler Toledo (Швейцария), вязкость - на вискозиметре Убеллоде (25±0,1). 0С).

## **Результаты исследований**

Образцы полиэлектролитов синтезировали под оптимальные условия, установленные в предыдущих работах [14], [15], [16]. Сополимеризация винилацетата при различных молярных соотношениях (ВА) с акриламидом (АА), (ВА:АА), 2-метил-5-винилпиридин (2-М-5-

ВП\*НСI) с акриламидом (АА) (2-М-5-ВП\*НСI:АА) различающихся по типу, природе, гидрофильных свойствах и способности снижать заряд и ионы. Сополимеризация винилацетата (ВА) и акриламида (АА) (ВА:АА) обладает слабыми ионизирующими свойствами за счет присутствия амидных групп. Оптимизация молярного соотношения ВА и АА в сополимере позволила сохранить нейтральный показатель рН в водной среде. Были проведены измерения выхода синтезированного сополимера, а также содержания азота и ацетатных групп в макромолекулах. Далее, используя метод полимераналогичной реакции, из водорастворимого сополимера, синтезированного с использованием оптимального молярного соотношения, были получены функциональные полимерные образцы. В качестве реагента применялся гидроксид натрия и гидроксид калия (NaOH, KOH). Полученные образцы обладают двумя типами функциональных групп: с отрицательным зарядом (-COOH) и с положительно заряженным амидом (-CONH<sub>2</sub>). Кроме того, был синтезирован водорастворимый сополимер с положительно заряженной функциональной группой, содержащий 2-метил-5-винилпиридин (2-М-5-ВП\*НСI) и акриламид (АА) в составе макромолекулы. Для сравнительного анализа физических и коллоидно-химических свойств полученных полимерных материалов было проведено исследование полиакриламида (ПАА), который широко применяется в промышленных условиях [17].

В результате исследования были выбраны гибридные амид функциональные водорастворимые полимеры в составе макромолекулярной цепи. Для определения физических и коллоидно-химических характеристик были измерены оптическая плотность (D), электропроводность ( $\chi$ ) и вязкость ( $\eta$ ) растворов, а также изучены зависимость рН раствора от концентрации полимера.

### Обсуждение научных результатов

Экспериментальные результаты показали, что оптическая плотность (D) всех исследуемых водорастворимых полимеров в пределах выбранных концентраций имеет нулевое или близкое к нему значение, что свидетельствует их истинным растворам. Однако количественные значения удельной ( $\eta_{уд}$ ) и приведенной ( $\eta_{пр}$ ) вязкости, а также удельной ( $\chi_{уд}$ ) и приведенной ( $\chi_{пр}$ ) электропроводности водорастворимых полимеров, зависящие от концентрации раствора, типов функциональных групп, природы, ионизирующей способности, знака заряда и условий получения, отличаются друг от друга. Результаты можно увидеть на примере изменения удельной вязкости сополимера акриламида (АА) с винилацетатом (ВА) в выбранном мольном соотношении в зависимости от концентрации.

Во всем интервале концентраций значения удельной и приведенной вязкости водорастворимого полимерного продукта, являются наименьшими, по сравнению с удельной вязкостью водорастворимых полимеров выбранных для других исследований (рис. 1, а).

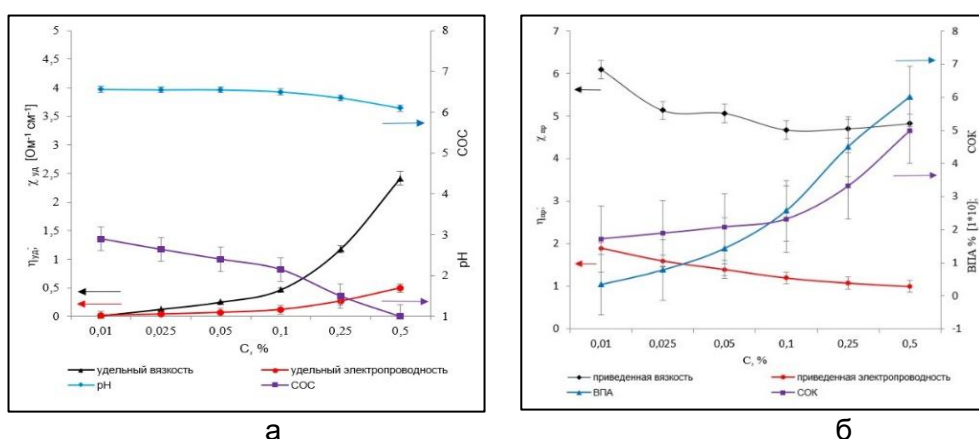


Рисунок 1 – Изменение удельной вязкости ( $\eta_{уд}$ ), электропроводности ( $\chi_{уд}$ ), показателя рН и структурообразующей способности (СОС) образца, а также приведенной вязкости ( $\eta_{пр}$ ), электропроводности ( $\chi_{пр}$ ), количества водопрочных агрегатов (ВПА) и структурообразующих количество (СОК) водорастворимого полимера (ВА:АА) в зависимости от концентрации раствора

Причина низкой вязкости водорастворимого сополимера ВА:АА заключается в его составе и молекулярной массе. Макромолекулярная структура сополимера ВА:АА характеризуется преобладанием неионизирующих винилацетатных звеньев над слабоионизирующими амидными звеньями, а также низкой молекулярной массой.

Низкая вязкость сополимера ВА:АА может быть обусловлена как небольшой молекулярной массой, так и тем, что конформационное состояние макромолекулы не претерпевает значительных изменений в исследуемом диапазоне концентраций.

Функциональные группы макромолекулы вступают во взаимные водородные связи, сила которых ослабевает при уменьшении концентрации раствора. Это не влияет на переход из свернутой конформации в разветвленную. Данные о зависимости приведенной вязкости водорастворимого полимера ВА:АА от концентрации раствора (рис. 1, б), что подтверждает наше предположение. Достоверность данного допущения, может быть дополнительно подтверждена анализом изменения количественных значений удельной электропроводности ( $\chi_{уд}$ ) и приведенной электропроводности ( $\chi_{пр}$ ) исследуемого водорастворимого полимерного образца в рамках заданного диапазона концентраций.

В водорастворимом сополимере 2-М-5-ВП\*НСI:АА, макромолекулы которого содержат как относительно сильный ионизирующий ароматический амин 2-метил-5-винилпиридин гидрохлорид (2-М-5-ВП\*НСI), так и очень слабый ионизирующий амид (АА), наблюдается изменение удельной ( $\eta_{уд}$ ) и приведенной ( $\eta_{пр}$ ) вязкости образцов полимера в зависимости от концентрации раствора (рис. 2, а).

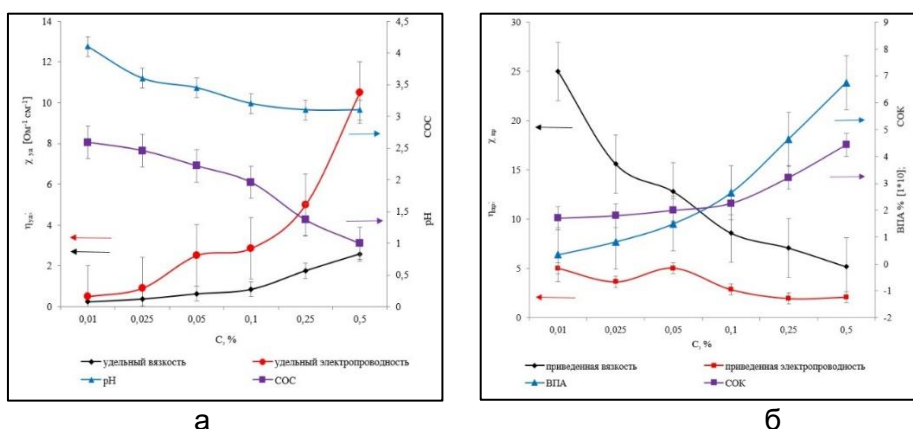


Рисунок 2 – Изменение удельной вязкости ( $\eta_{уд}$ ), электропроводности ( $\chi_{уд}$ ), показателя рН и структурообразующей способности (СОС) образца а также, приведенная вязкость ( $\eta_{пр}$ ), электропроводность ( $\chi_{пр}$ ), количества водопрочных агрегатов (ВПА) и структурообразующих количество (СОК) водорастворимого полимера (2-М-5-ВП\*НСI:АА) в зависимости от концентрации раствора

Хотя закономерность изменения удельной вязкости ( $\eta_{уд}$ ) исследуемого водорастворимого полимера в зависимости от концентрации аналогична для полимера ВА:АА и изменение приведенной вязкости ( $\eta_{пр}$ ) в зависимости от концентрации будет иметь существенные отличия.

Отмечается, что в водорастворимом полимерном образце вдоль цепи макромолекулы равномерно распределены положительно заряженные функциональные группы. Ионизационная способность этих групп, особенно 2-метил-5-винилпиридиновой, значительно выше, чем ацетатной группы в винилацетатном звене. В связи с этим приведенная вязкость водорастворимого полимерного образца, в отличие от образца сополимера ВА:АА, увеличивается с уменьшением концентрации раствора.

Наблюдаемая разница особо ярко выражена в удельной электропроводности образца полимера 2-М-5-ВП\*НСI:АА, по сравнению с количественными значениями при тех же концентрациях. В том числе, наблюдается увеличение приведенной электропроводности с уменьшением концентрации раствора (рис. 2, б). Это обусловлено тем, что по мере уменьшения концентрации раствора способность функциональной группы диссоциировать

увеличивается из-за уменьшения межионной силы. В результате конформационная форма макромолекулы значительно переходит от свернутой к развернутой [18].

Закономерности, выявленные для макромолекул полиакриламида (ПАА), содержащего функциональную группу карбоксида, показали, что: функциональная группа карбоксида ПАА, которая в ряде случаев диссоциирует, влияет на удельную вязкость ( $\eta_{уд}$ ), удельную электропроводность ( $\chi_{уд}$ ), приведенную вязкость ( $\eta_{пр}$ ) и электропроводность ( $\chi_{пр}$ ) образца водорастворимого полимера.

Приведенные зависимости сохраняются при изменении концентрации раствора (рис. 3). В основном, необходимо объяснить зависимость приведенной вязкости ( $\eta_{пр}$ ) и электропроводности ( $\chi_{пр}$ ) водорастворимого образца полимера от концентрации раствора. Указанная зависимость связана со свойствами встречающихся и сопутствующих электролитов с карбоксильной функциональной группой, образовавшейся в результате частичного гидролиза [19]. Особенно можно заметить в сравнении с количественными значениями удельной, приведенной вязкости ( $\eta_{уд}$ ,  $\eta_{пр}$ ) исследуемых образцов водорастворимого полимера при одинаковой концентрации электропроводности ( $\chi_{уд}$ ,  $\chi_{пр}$ ).

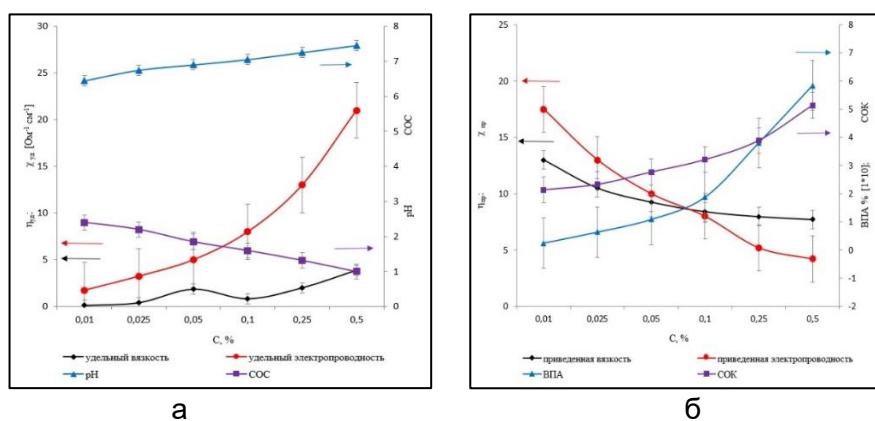


Рисунок 3 – Изменение удельной вязкости ( $\eta_{уд}$ ), электропроводности ( $\chi_{уд}$ ), показателя pH и структурообразующей способности (СОС) образца, а также, приведенная вязкость ( $\eta_{пр}$ ), электропроводность ( $\chi_{пр}$ ), количества водопрочных агрегатов (ВПА) и структурообразующих количество (СОК) водорастворимого полимера (ПАА) в зависимости от концентрации раствора

Введение водорастворимых полимеров в дисперсные системы может оказывать значительное влияние на их свойства. В частности, полимеры могут изменять: вязкость, электропроводность и структурные характеристики дисперсий.

Выяснено влияние различий в физических свойствах исследуемых образцов водорастворимых полимеров на их взаимодействие с дисперсными системами путем определения структурирующих количеств дисперсии почв в присутствии различных концентраций водорастворимых полимеров. Для этого по методике, описанной в литературе [10], определяли изменение количества водопрочных агрегатов (ВПА) почвы, образующихся под воздействием растворов одинаковой концентрации. Результаты показали, что с увеличением концентрации добавляемых водорастворимых полимеров количество водопрочных агрегатов почвы постепенно увеличивается (рис. 1, 2, 3).

Однако количественные значения ВПА, которые меняются в зависимости от структурообразующей способности (СОС) полимеров структурировать почву, несколько отличаются друг от друга. Такие особенности связаны с природой функциональных групп, расположенных вдоль цепи макромолекул водорастворимых полимеров и их ионизирующей способностью, различиями в знаке заряда. В частности, водорастворимый полимер ВА:АА, имеющий неионизирующие функциональные группы, оказывает меньшее влияние на структурирование почвы, чем водорастворимый полимер 2-М-5-ВП\*НСI:АА, содержащий сильно ионизирующие положительно заряженные функциональные группы.

Различие связано с тем, что водорастворимый полимер ВА:АА образует более слабые межмолекулярные взаимодействия с частицами почвы, чем водорастворимый полимер 2-М-5-ВП\*НСІ:АА.

А также было выявлено, что водорастворимый полимер ПАА (Рис. 3, а,б), содержащий гибридные амидные функциональные группы, оказывает более сильное влияние на структурирование почвы, чем водорастворимые полимеры ВА:АА и 2-М-5-ВП\*НСІ:АА. Это связано с тем, что водорастворимый полимер ПАА образует более прочные межмолекулярные взаимодействия с частицами почвы, чем водорастворимые полимеры ВА:АА и 2-М-5-ВП\*НСІ:АА .

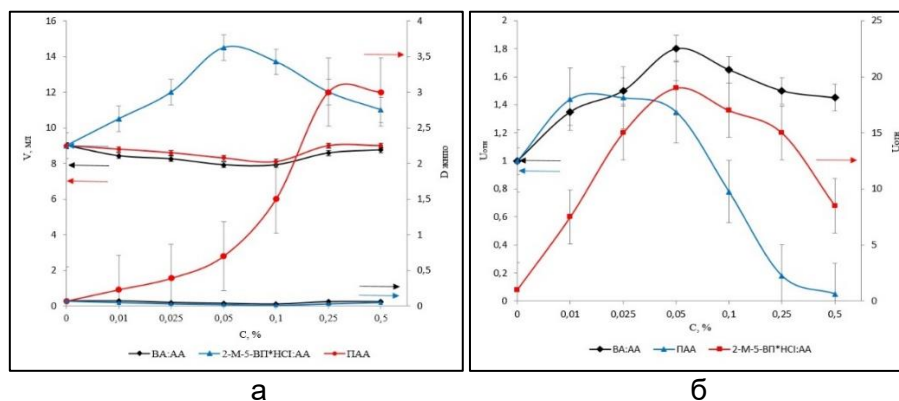


Рисунок 4 – Изменение объема осадка ( $V_{ос}$ ), фильтрации ( $U_{отн}$ ) и оптической плотности жидкости на поверхности осадка ( $D_{жнпо}$ ) гидродисперсии глины по отношению к водорастворимым полимерным образцам (ВА:АА, 2-М-5-ВП\*НСІ:АА, ПАА) в зависимости от концентрации раствора

В целом, результаты исследования показали, что различия в физических свойствах водорастворимых полимеров оказывают существенное влияние на их взаимодействие с дисперсными системами. Это влияние обусловлено: природой функциональных групп, ионизирующей способностью и знаками заряда функциональных групп.

При изучении влияния водорастворимых полимеров на стабильность гидродисперсии Келесской глины были обнаружены схожие тенденции: в начале, с увеличением концентрации добавленного раствора, стабильность гидродисперсии глины уменьшается. Однако, при дальнейшем увеличении концентрации раствора, стабильность постепенно возрастает [20].

Дестабилизирующие и стабилизирующие свойства глинистых гидродисперсий, образованных различными водорастворимыми полимерами, несколько отличаются друг от друга, что можно увидеть по изменению: объема осадка ( $V_{ос}$ ), фильтрации ( $U_{отн}$ ), оптической плотности жидкости на поверхности осадка ( $D_{жнпо}$ ) в зависимости от добавленной концентрации водорастворимых полимеров (Рис. 4, а,б).

Однако изменение количественных значений критериев, определяющих стабильность, исходя из концентрации водорастворимого полимера будет иметь некоторое значение на свойства исследуемого объекта. Причина его появления, также связана с особенностями физических свойств этих исследованных гибридных амидных водорастворимых полимеров.

### Заключение

В настоящем исследовании были получены результаты, которые позволяют установить сходства между некоторыми физическими и коллоидно-химическими свойствами гибридных водорастворимых полимерных образцов. Путем применения метода структурирования почвы и анализа изменения устойчивости гидродисперсии глины в зависимости от концентрации добавленного раствора были определены все особенности сходства указанных свойств. Кроме того, в данной работе были даны объяснения причин возникновения этих сходств, что позволяет более глубоко понять их природу и механизмы взаимодействия.

### Список литературы

1. Sollins P. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls / P. Sollins, P. Homann, B.A. Caldwell // *Geoderma*. – 1996. – Vol. 74, № 1-2. – P. 65-105.
2. Soil colloids as binding agents in the formation of soil microaggregates in wet-dry cycles: A case study for arable Luvisols under different management / N. Tang et al // *Geoderma*. – 2024. – Vol. 443. – P. 116830.
3. Adesanya T. Physical properties of an Orthic Black Chernozem after 5 years of liquid and solid pig manure application to annual and perennial crops / T. Adesanya, O. Akinremi, F. Zvomuya // *Can. J. Soil Sci.* ed. Lupwayi N. – 2016. – Vol. 96, № 2. – P. 145-153.
4. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China / S. Zhang et al // *Soil Tillage Res.* – 2012. – Vol. 124. – P. 196-202.
5. Słowińska-Jurkiewicz A. Long-term organic fertilization effect on chernozem structure / A. Słowińska-Jurkiewicz, M. Bryk, V.V. Medvedev // *Int. Agrophysics*. – 2013. – Vol. 27, № 1. – P. 81-87.
6. Gargiulo L. Effects of iron-based amendments on soil structure: a lab experiment using soil micromorphology and image analysis of pores / L. Gargiulo, G. Mele, F. Terribile // *J. Soils Sediments*. – 2014. – Vol. 14, № 8. – P. 1370-1377.
7. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties / T.M. Minkina et al // *J. Soils Sediments*. – 2018. – Vol. 18, № 6. – P. 2418-2430.
8. Evaluation of a Polyacrylamide Soil Additive to Reduce Agricultural-Associated Contamination / D.M. Krauth et al // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* – 2008. – Vol. 81, № 2. – P. 116-123.
9. Aggregate Stability and Water Retention Near Saturation Characteristics as Affected by Soil Texture, Aggregate Size and Polyacrylamide Application / A.I. Mamedov et al // *Land Degrad. Dev.* – 2017. – Vol. 28, № 2. – P. 543-552.
10. Asanov A. Structure formation of soil dispersions in the presence of polyelectrolytes on the basis of allyl alcohol and acryl acid derivatives / A. Asanov, S. Mamesheva, A. Bazarkhankyzy // *Chem. Bull. Kazakh Natl. Univ.* – 2015. – № 3. – P. 28-33.
11. Asanov A. Influence of functional polyelectrolytes on the stability of clay hydrodispersions / A. Asanov, S. Mameshova // *Chem. Pap.* – 2021. – Vol. 75, № 11. – P. 5695-5703.
12. The Impacts of Bio-Based and Synthetic Hydrogels on Soil Hydraulic Properties: A Review / T.A. Adjuik et al // *Polymers*. – 2022. – Vol. 14, № 21. – P. 4721.
13. Water-soluble functional polymers in conjunction with membranes to remove pollutant ions from aqueous solutions / B.L. Rivas et al // *Prog. Polym. Sci.* – 2011. – Vol. 36, № 2. – P. 294-322.
14. Асанов А. Доклад Академии Наук Республики Узбекистан / А. Асанов, В.П. Нуриллина, К.С. Ахмедов // Флокулирующее действие водорастворимых полиэлектролитов на основе 2-метил-5-винилпиридина метакриловой кислоты и ее амида. – 1995. – Vol. 9-10. – P. 29-31.
15. Асанов А.А. Суда еритін полимерлердің функционал топтарының құрамы мен түрлерінің топырақты құрылымдаушы қабілетіне әсері / А.А. Асанов, А. Базарханқызы // 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference «Theoretical and Applied Sciences in the USA». Нью-Йорк, США. – 2015. – P. 237-246.
16. Асанов А. Математический метод определения экономической и экологической эффективности почвоструктурирующих высокомолекулярных соединений / А. Асанов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Математическая наука и ее вклад в развитие прикладных научных исследований». – Тараз, 2010.
17. Improving aggregate stability and hydraulic properties of Sandy loam soil by applying polyacrylamide polymer / A.A. Albalasmeh et al // *Soil Tillage Res.* – 2021. – Vol. 206. – P. 104821.
18. Yang J.T. The Viscosity Of Macromolecules In Relation To Molecular Conformation / J.T. Yang // *Advances in Protein Chemistry*. Elsevier. – 1962. – Vol. 16. – P. 323-400.
19. A review on carboxylic acid cross-linked polyvinyl alcohol: Properties and applications / L. Gautam et al // *Polym. Eng. Sci.* – 2022. – Vol. 62, № 2. – P. 225-246.



20. Mameshova S. Eurasian Science Review An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal / S. Mameshova, A. Asanov // Study of colloidal-chemical properties of clay hydrodispersions obtained from the southern region of kazakhstan. – 2024. – Vol. 2(1). – P. 36-44.

### References

1. Sollins P. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls / P. Sollins, P. Homann, B.A. Caldwell // *Geoderma*. – 1996. – Vol. 74, № 1-2. – P. 65-105. (In English).
2. Soil colloids as binding agents in the formation of soil microaggregates in wet-dry cycles: A case study for arable Luvisols under different management / N. Tang et al // *Geoderma*. – 2024. – Vol. 443. – P. 116830. (In English).
3. Adesanya T. Physical properties of an Orthic Black Chernozem after 5 years of liquid and solid pig manure application to annual and perennial crops / T. Adesanya, O. Akinremi, F. Zvomuya // *Can. J. Soil Sci.* ed. Lupwayi N. – 2016. – Vol. 96, № 2. – P. 145-153. (In English).
4. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China / S. Zhang et al // *Soil Tillage Res.* – 2012. – Vol. 124. – P. 196-202. (In English).
5. Słowińska-Jurkiewicz A. Long-term organic fertilization effect on chernozem structure / A. Słowińska-Jurkiewicz, M. Bryk, V.V. Medvedev // *Int. Agrophysics*. – 2013. – Vol. 27, № 1. – P. 81-87. (In English).
6. Gargiulo L. Effects of iron-based amendments on soil structure: a lab experiment using soil micromorphology and image analysis of pores / L. Gargiulo, G. Mele, F. Terribile // *J. Soils Sediments*. – 2014. – Vol. 14, № 8. – P. 1370-1377. (In English).
7. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties / T.M. Minkina et al // *J. Soils Sediments*. – 2018. – Vol. 18, № 6. – P. 2418-2430. (In English).
8. Evaluation of a Polyacrylamide Soil Additive to Reduce Agricultural-Associated Contamination / D.M. Krauth et al // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* – 2008. – Vol. 81, № 2. – P. 116-123. (In English).
9. Aggregate Stability and Water Retention Near Saturation Characteristics as Affected by Soil Texture, Aggregate Size and Polyacrylamide Application / A.I. Mamedov et al // *Land Degrad. Dev.* – 2017. – Vol. 28, № 2. – P. 543-552. (In English).
10. Asanov A. Structure formation of soil dispersions in the presence of polyelectrolytes on the basis of allyl alcohol and acryl acid derivatives / A. Asanov, S. Mamesheva, A. Bazarkhankyzy // *Chem. Bull. Kazakh Natl. Univ.* – 2015. – № 3. – P. 28-33. (In English).
11. Asanov A. Influence of functional polyelectrolytes on the stability of clay hydrodispersions / A. Asanov, S. Mameshova // *Chem. Pap.* – 2021. – Vol. 75, № 11. – P. 5695-5703. (in English).
12. The Impacts of Bio-Based and Synthetic Hydrogels on Soil Hydraulic Properties: A Review / T.A. Adjuik et al // *Polymers*. – 2022. – Vol. 14, № 21. – P. 4721. (In English).
13. Water-soluble functional polymers in conjunction with membranes to remove pollutant ions from aqueous solutions / B.L. Rivas et al // *Prog. Polym. Sci.* – 2011. – Vol. 36, № 2. – P. 294-322. (In English).
14. Asanov A. Doklad Akademii Nauk Respubliki Uzbekistan / A. Asanov, V.R. Nurillina, K.S. Akhmedov // *Flokkuliruyushchee deistvie vodorastvorimykh poliehktrolitov na osnove 2-metil-5-vinilpiridina metakrilovoi kisloty i ee amida*. – 1995. – Vol. 9-10. – P. 29-31. (In Russian).
15. Asanov A.A. Suda eritin polimerlerdiñ funksiional toptarynuñ qyramy men tyrleriniñ topyraqty qyrylymdaushy qabileline әseri / A.A. Asanov, A. Bazarkhankyzy // 2nd International Scientific Conference «Theoretical and Applied Sciences in the USA». N'yu-lork, SSHA. – 2015. – R. 237-246. (In iKazakh).
16. Asanov A. Matematicheskii metod opredeleniya ehkonomicheskoi i ehkologicheskoi ehffektivnosti pochvostrukturiruyushchikh vysokomolekulyarnykh soedinenii / A. Asanov // *Materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoi konferentsii «Matematicheskaya nauka i ee vklad v razvitie prikladnykh nauchnykh issledovanil»*. – Taraz, 2010. (In Russian).
17. Improving aggregate stability and hydraulic properties of Sandy loam soil by applying polyacrylamide polymer / A.A. Albalasmeh et al // *Soil Tillage Res.* – 2021. – Vol. 206. – P. 104821. (In English)

18. Yang J.T. The Viscosity Of Macromolecules In Relation To Molecular Conformation / J.T. Yang // *Advances in Protein Chemistry*. Elsevier. – 1962. – Vol. 16. – P. 323-400. (In English)
19. A review on carboxylic acid cross-linked polyvinyl alcohol: Properties and applications / L. Gautam et al // *Polym. Eng. Sci.* – 2022. – Vol. 62, № 2. – P. 225-246. (In English)
20. Mameshova S. Eurasian Science Review An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal / S. Mameshova, A. Asanov // Study of colloidal-chemical properties of clay hydrodispersions obtained from the southern region of kazakhstan. – 2024. – Vol. 2(1). – P. 36-44. (In English)

**А. Асанов, С.А. Мамешова\*, А.А. Асанов**  
М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,  
080000, Қазақстан Республика, Тараз қ., Төле би көшесі, 60  
\*e-mail: sayat.mameshova@icloud.com

### **ГИБРИДТЕЛГЕН АМИД ФУНКЦИОНАЛДЫ ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТОПЫРАҚТЫҢ ҚҰРЫЛЫМДАНУЫНА ӘСЕРІ**

Соңғы жылдары антропогендік қысым әсерінен топырақтың деградациясының күшеюі байқалады. Бұл құнарлылықтың төмендеуіне және қоршаған орта сапасының нашарлауына әкеледі. Осыған байланысты топырақ құрылымын құрудың және қалпына келтірудің жаңа әдістерін әзірлеу қажеттілігі артауда. Сондықтан мақалада гибриді амид функционалды полимерлердің топырақ құрылымының қалыптасуына әсерін зерттеу нәтижелері берілген. Жұмыстың өзектілігі адамдар әрекетінің салдарынан бұзылатын топырақ құрылымын құру және қалпына келтірудің жаңа әдістерін әзірлеу қажеттілігінің артуымен анықталады. Жұмыста функционалдық топтардың жиынтығы, заряды, конформациясы және қарсы иондары бойынша ерекшеленетін полимерлер зерттелді. Олардың оптикалық, тұтқырлық және электрөткізгіштік қасиеттеріне жан-жақты зерттеулер жүргізілді. Функционалдық топтардың түрлері анықталып, олардың арасындағы сандық байланыстар орнатылды. Дисперстік жүйелердегі полимер үлгілерінің құрылым түзуші қасиеттерін анықтайтын тұрақсыздандыратын және тұрақтандырушы факторлардың концентрациясына полимерлердің түрлері және синтез жағдайларының әсері анықталды. Алынған полимерлердің қолдану аймақтары көрсетіліп, олардың функционалдық қасиеттерінің сипаты түсіндіріледі. Жұмыс нәтижелері суда еритін полимерлердің қатысуымен дисперсті жүйелерді құрылымдау, тұрақсыздандыру және тұрақтандырудың жаңа экологиялық таза әдістерін жасау үшін маңызды. Бұл топырақ құнарлылығын арттырады және қоршаған ортаның сапасын жақсартады.

**Түйін сөздер:** топырақтың құрылымдануы, дисперсті жүйелер, суда еритін полимерлер, функционалдық топ, гибрид, тұрақтандыру, тұрақсыздандыру, макромолекула.

**A. Asanov, S.A. Mameshova\*, A.A. Asanov**  
Taraz Regional University named after M.H. Dulati  
080000, Republic of Kazakhstan, Taraz city, Tole bi street, 60  
\*e-mail: sayat.mameshova@icloud.com

### **INFLUENCE OF HYBRIDIZED AMIDE FUNCTIONAL POLYMERS ON SOIL STRUCTURE FORMATION**

*In recent years, there has been an increase in soil degradation under the influence of anthropogenic pressure. This leads to decreased fertility and deterioration of environmental quality. In this regard, there is an increasing need to develop new methods for creating and restoring soil structure. Therefore, the article presents the results of a study of the influence of hybrid amide functional polymers on soil structure formation. The relevance of the work is determined by the growing need to develop new methods for creating and restoring soil structure degraded under the influence of human activity. The work studied polymers that differ in the set of functional groups, charge, conformation and type of counterions. A comprehensive study of their optical, viscosity and electrical conductivity properties was carried out. Types of functional groups have been identified and quantitative relationships between them have been established. The types of polymers and the influence of synthesis conditions on the concentration of destabilizing and stabilizing factors that determine the structure-forming properties of polymer samples in disperse systems are determined. The areas of application of the obtained polymers are shown and the nature of their functional properties is explained. The results of the work are important for the development of new environmentally friendly methods for structuring, destabilizing and stabilizing dispersed systems in the presence of water-soluble polymers. This will increase soil fertility and improve environmental quality.*

**Key words:** soil structure formation, dispersed systems, water-soluble polymer, functional group, hybrid, stabilization, destabilization, macromolecule.

#### Сведения для авторов

**Аманкайт Асанов** – кандидат химических наук, профессор кафедры «Химия и химическая технология»; Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати города Тараз, Республика Казахстан; e-mail: asanovamankait@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>.

**Саят Алишериевна Мамешова\*** – старший преподаватель кафедры «Химия и химическая технология»; Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати города Тараз, Республика Казахстан; e-mail: sayat.mameshova@icloud.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>.

**Акылбек Аманкайтович Асанов** – Директор центра технического сопровождения и IT поддержки; Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати города Тараз, Республика Казахстан; e-mail: assanov@dulaty.kz

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Аманкайт Асанов** – химия ғылымдарының кандидаты, «Химия және химиялық технология» кафедрасының профессоры; Тараз қаласындағы М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: asanovamankait@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>.

**Саят Алишериевна Мамешова\*** – «Химия және химиялық технология» кафедрасының аға оқытушысы; Тараз қаласындағы М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: sayat.mameshova@icloud.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>.

**Акылбек Аманкайтович Асанов** – Техникалық қолдау және IT қолдау орталығының директоры, Тараз қаласындағы М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: assanov@dulaty.kz.

#### Information about the authors

**Amankait Asanov** – Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology; Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati of Taraz city, Republic of Kazakhstan; e-mail: asanovamankait@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>.

**Sayat Mameshova\*** – senior lecturer of the department of «Chemistry and Chemical Technology»; Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati of Taraz city, Republic of Kazakhstan; e-mail: sayat.mameshova@icloud.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>.

**Akylbek Asanov** – Director of the technical support and IT support center; Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati of Taraz city, Republic of Kazakhstan; e-mail: assanov@dulaty.kz.

Поступила в редакцию 14.02.2024

Поступила после доработки 02.04.2024

Принята к публикации 03.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-51

МРНТИ: 53.37.91



**K. Kamunur<sup>1,2</sup>, T. Oserov<sup>1</sup>, L. Mussapirova<sup>1</sup>, A. Batkal<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Combustion Problems,

050012, Kazakhstan, Almaty, Bogenbay batyr str., 172,

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University,

0500112, Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi ave., 71,

\*e-mail.ru: abatkanova@mail.ru

## REVIEW ON PROCESSING COAL FLY ASH: CURRENT ADVANCES AND FUTURE PERSPECTIVES

**Abstract:** This review aims to analyze the processing techniques employed for coal fly ash (CFA) and their implications. The study addresses the research problem of enhancing CFA utilization while minimizing environmental impacts. The review is based on the principles of sustainable development, circular economy, and resource conservation. It draws upon theories related to waste management, materials science, and environmental engineering. A systematic literature review was conducted, analyzing research articles, technical reports, and industry publications. The review encompasses a comprehensive examination of processing techniques, including separation, beneficiation, utilization, and treatment methods. The research

techniques employed involved data synthesis and analysis of the identified studies. The review highlights the effectiveness and limitations of various processing techniques for CFA, such as electrostatic separation, magnetic separation, and froth flotation. It provides insights into the improvements achieved through processing, including enhanced CFA quality, expanded applications, and resource recovery. The findings emphasize the importance of comprehensive characterization of CFA, understanding its composition and properties, and optimizing processing methods to maximize its potential. The research contributes to the academic understanding of CFA processing techniques, providing a foundation for further studies in the field. Managerially, it offers guidance to industries involved in CFA utilization, promoting sustainable waste management practices and resource conservation. The review has significant social implications by reducing the environmental impact associated with CFA disposal and supporting the development of circular economy principles.

**Key words:** coal fly ash, coal fly ash processing; physical separation; chemical separation; utilization of coal fly ash.

## 1. Introduction

Coal fly ash (CFA) is a byproduct generated during the combustion of pulverized coal in coal-fired power plants. It is a fine, powdery material that is carried away with the flue gases and collected using electrostatic precipitators or bag filters [1-3].

The composition of CFA can vary depending on the type of coal burned and the combustion conditions. However, it generally consists of primarily inorganic materials such as silica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), and calcium oxide ( $\text{CaO}$ ). It also contains smaller amounts of carbon, sulfur, heavy metals, and trace elements, which are present in the coal. The composition of CFA makes it suitable for various applications and processing methods. Understanding its composition is essential for efficient utilization and appropriate treatment to mitigate its environmental impact.

In addition to the inorganic components mentioned earlier, CFA may also contain minor amounts of organic matter, unburned carbon, and volatile compounds. Depending on factors such as the type and quality of coal used, furnace conditions, flue gas cleaning technology applied or aftercombustion treatment, the particular composition of CFAs can be considerably different.

The CFA particle size distribution is usually fine, with a significant proportion of particles falling in the range of 1 to 100 micrometers [4,5]. This fine particle size contributes to its characteristic powdery nature and ease of transport through the flue gas.

Furthermore, CFA can exhibit various physical and chemical properties depending on its source. These properties include specific gravity, bulk density, particle shape, surface area, porosity, and reactivity. These characteristics influence the behavior and potential applications of CFA.

Due to its complex composition, CFA has garnered attention as both an environmental concern and a resource with economic potential. Effective processing techniques can help unlock the value of CFA, leading to its beneficial utilization in various industries such as cement and concrete production, construction materials, geopolymer synthesis, and environmental remediation.

Understanding the composition and properties of CFA is crucial for optimizing its processing methods, evaluating its potential applications, and developing sustainable solutions for its management.

The processing of CFA holds significant importance due to several reasons.

Processing techniques help in reducing the environmental impact by treating and managing CFA effectively. This includes reducing its volume, preventing the release of harmful constituents into the environment, and minimizing the potential for leaching of heavy metals and other contaminants [6-8].

CFA contains valuable components that can be recovered and utilized in various industries. Processing techniques enable the extraction of these valuable materials, such as silica, alumina, and iron, which can be used as raw materials in the production of cement, concrete, ceramics, and other construction materials [9-13]. Recovering these resources reduces the need for virgin raw materials, conserves natural resources, and promotes a circular economy approach.

This material can be used as a supplementary cementitious material in cement and concrete production [14-16]. By processing and incorporating fly ash into these applications, it can enhance the strength, durability, and workability of cementitious materials while reducing the demand for

cement clinker. This leads to a significant reduction in carbon dioxide emissions associated with cement production, contributing to sustainable construction practices.

Processing CFA allows for the reduction of waste volumes and landfill requirements. By converting fly ash into value-added products or incorporating it into construction materials, the overall waste generation is minimized. This helps in conserving landfill space and reducing the environmental impact associated with waste disposal [17-20].

Utilizing CFA presents economic opportunities by transforming a waste material into a valuable resource [21-26]. The recovered materials can be sold or utilized in various industries, generating revenue and creating job opportunities. Additionally, the development and implementation of innovative processing technologies can drive technological advancements and promote economic growth in the field.

Overall, exploring CFA is significant in mitigating environmental impact, recovering valuable resources, promoting sustainable construction practices, minimizing waste, creating economic opportunities, and complying with regulatory requirements. Efficient processing techniques are essential for unlocking the potential of CFA and maximizing its value while ensuring environmental stewardship.

This review aims to provide a comprehensive analysis of the processing techniques employed for CFA. It will cover various aspects such as separation, beneficiation, utilization, and treatment methods and will be informative resource for researchers, engineers, policymakers, and other stakeholders interested in the processing of CFA.

## 2. Characterization of CFA

CFA possesses key characteristics that are crucial to comprehend for its processing and utilization. It is a finely divided material with a particle size distribution ranging from 1 to 100 micrometers, with the majority falling within the sub-micron to micrometer range. The fine particle size contributes to its powdery nature, influencing flowability and handling (Fig. 1)

CFA exhibits various physical properties including specific gravity, bulk density, particle shape, surface area, porosity, and reactivity. Specific gravity refers to its density relative to water, while bulk density relates to mass per unit volume. Particle shape can range from spherical to irregular, influenced by the combustion process. Surface area and porosity impact reactivity and adsorption properties.

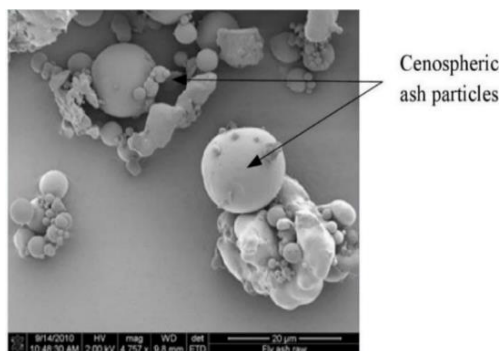


Figure 1 – The structure of CFA showing the surface morphology as cenospheric ash particles

Pozzolanic activity is a notable property of CFA, enabling it to react with calcium hydroxide in the presence of moisture, forming additional cementitious compounds [28]. This characteristic makes fly ash suitable as a supplementary cementitious material in cement and concrete applications. The pozzolanic activity varies based on composition, fineness, and processing history.

CFA possesses thermal properties influenced by the combustion process [29]. It exhibits a relatively high specific heat capacity, affecting its thermal behavior and potential applications in thermal management.

Leachability refers to the potential release of contaminants, such as heavy metals and trace elements, from CFA into the environment under specific conditions [30, 31]. Leachability depends on factors like fly ash composition, pH, and the presence of leaching agents. Understanding leaching characteristics is crucial for proper management and utilization, minimizing environmental impacts.

Depending on coal source and combustion conditions, CFA may contain magnetic components like iron oxides [32]. These magnetic properties can be utilized in magnetic separation processes for fly ash beneficiation and metal recovery.

Reactivity denotes the ability of CFA to chemically react with other substances. It is influenced by factors such as composition, particle size, and surface area. Reactive fly ash can participate in chemical reactions and contribute to the strength development, durability enhancement, and other beneficial properties of cementitious materials.

CFA exhibits electrical conductivity due to its composition and the presence of conductive minerals [33]. This electrical conductivity impacts its behavior in electrostatic separation processes and electrochemical applications.

Commonly gray or off-white in color, the color of fly ash can vary based on coal source and combustion conditions. Color influences its potential applications, including use as pigments, fillers, and decorative concrete.

During cement hydration, CFA undergoes hydration reactions with calcium hydroxide when used as a cement replacement or additive. The hydration characteristics, such as reaction rate and extent, influence the development of strength, setting time, and other properties of cementitious materials.

CFA may contain trace elements and heavy metals present in the coal [34]. The presence and concentration of these constituents vary depending on factors such as coal quality and combustion conditions. Understanding their content and behavior is crucial for assessing potential environmental and health impacts associated with fly ash processing and utilization.

### **3. Separation Techniques**

Physical and chemical methods are commonly employed for separating the components of CFA. These methods aim to isolate specific constituents or fractions based on their physical or chemical properties.

#### *Physical Separation Techniques:*

- **Electrostatic Separation:** Electrostatic separation utilizes the differences in electrical conductivity and chargeability of the components in CFA [35-37]. It involves applying electrostatic forces to separate charged particles based on their electrostatic properties.

- **Magnetic Separation:** Magnetic separation exploits the magnetic properties of certain components in fly ash. By subjecting the fly ash to a magnetic field, magnetic particles can be separated from non-magnetic ones, aiding in the removal of iron-rich fractions [38, 39].

- **Froth Flotation:** Froth flotation utilizes the differences in surface hydrophobicity between components. By introducing air bubbles into a suspension of fly ash particles, hydrophobic components can selectively attach to the bubbles and be separated from the hydrophilic components [40-43].

- **Gravity Separation:** Gravity separation exploits the differences in density between various components in CFA [44]. The heavier components can settle or be separated from the lighter ones when the fly ash is subjected to gravitational forces. Gravity separation is the use of settling, sedimentation and centrifugation. These methods are particularly effective for separating coarse particles or dense components, such as unburned carbon or heavy minerals.

- **Sieving and Classification:** Sieving and classification methods involve the use of screens or classifiers to separate fly ash particles based on their size or particle size distribution [45]. Sieving is commonly used to separate coarse and fine fractions of fly ash, while classifiers can sort particles based on their size or shape.

#### *Chemical Separation Techniques:*

- **Acid Leaching:** Acid leaching involves treating fly ash with acid solutions to selectively dissolve specific components [46-48]. This technique is often employed to remove or recover certain metals or metalloids from fly ash.

- **Alkali Activation:** Alkali activation, also known as alkaline extraction or alkaline leaching, utilizes alkaline solutions to extract specific components from fly ash (Fig. 2). It is often used to recover valuable metals, such as aluminum and silica, for further utilization.

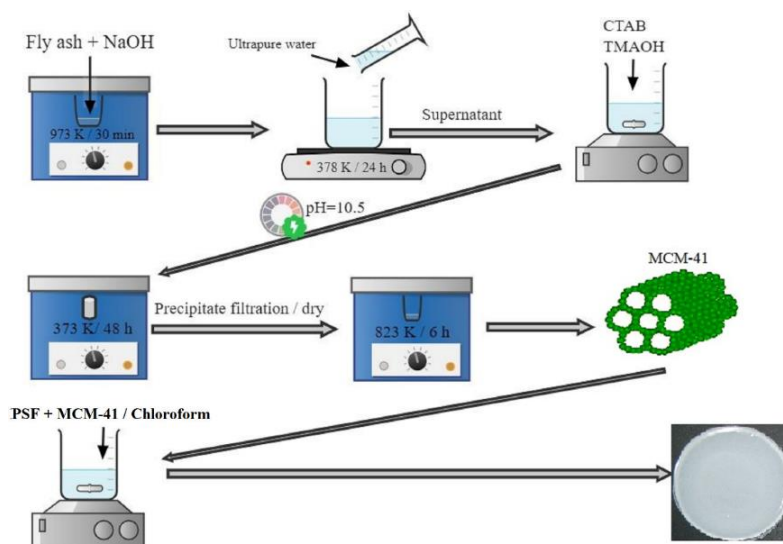


Figure 2 – Coal fly ash processing by using alkali activation

- Solvent Extraction: Solvent extraction employs organic solvents to selectively extract components from fly ash based on their solubility in specific solvents [50-52]. This technique can be useful for separating organic compounds or specific metals from the fly ash matrix.

- Flotation: Flotation is a physical-chemical separation technique that utilizes the differences in surface wettability of particles. By introducing flotation reagents and creating froth, hydrophobic particles can attach to air bubbles and rise to the surface, while hydrophilic particles remain in the liquid phase. Flotation can be used to separate carbon-rich fractions or specific minerals from the fly ash [53].

These physical and chemical separation techniques offer a range of options for effectively separating the components of CFA. The selection of the most suitable technique depends on the specific objectives, composition of the fly ash, particle size distribution, and the desired outcomes of the separation process. Combining multiple methods in a processing scheme can enhance separation efficiency and enable the recovery of valuable components while minimizing waste and environmental impact.

### 3. Utilization of CFA

CFA has a wide range of diverse applications across various industries due to its unique properties and characteristics (Fig. 3).

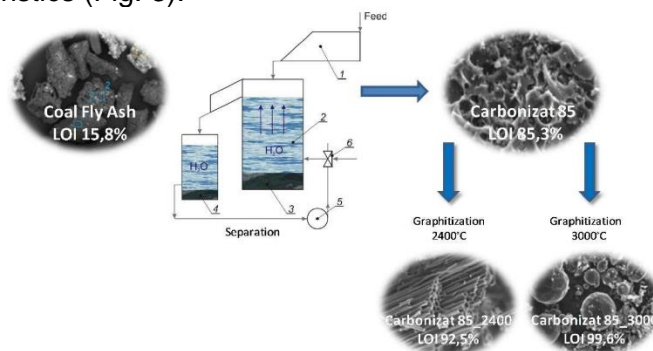


Figure 3 – Example of coal fly ash utilization

**Cement and Concrete Production:** CFA is extensively used as a supplementary cementitious material (SCM) in cement and concrete production [55, 56]. It improves the workability, strength, durability, and long-term performance of concrete. Fly ash reduces the need for clinker, the main component of cement, thereby reducing carbon dioxide emissions associated with cement production. It also enhances the sustainability and resource efficiency of the construction industry.

**Construction Materials:** Fly ash is utilized in the manufacture of various construction materials [57, 58]. It can be used as a partial replacement for cement in the production of mortar, grout, and

plaster. Additionally, it is incorporated into bricks, blocks, and precast concrete products to enhance their properties and reduce material and energy consumption.

*Geopolymer Synthesis:* CFA is a key ingredient in geopolymer technology, where it acts as a precursor for the formation of inorganic polymers [59-62]. Geopolymers offer an alternative to traditional cementitious materials and can be used in the production of high-strength, durable, and environmentally friendly construction materials.

*Road Construction:* Fly ash can be used as a stabilizing agent in road construction. It improves the strength and stability of the subgrade, reduces the risk of cracking, and mitigates the swelling and shrinking of clay soils [63, 64]. Fly ash is also utilized as a filler material in asphalt mixes to enhance their performance and longevity.

*Waste Stabilization and Remediation:* CFA is used for waste stabilization and remediation purposes [65]. It can be employed to immobilize and stabilize hazardous waste materials, preventing the leaching of contaminants into the environment. Fly ash can also be used in landfill liners, capping systems, and for the remediation of contaminated soils and water.

*Agricultural Applications:* Fly ash can be utilized in agricultural practices as a soil amendment [66]. It improves soil fertility, enhances nutrient retention, and promotes plant growth. Additionally, fly ash can be used for land reclamation and ecological restoration projects.

*Environmental Applications:* Fly ash is employed in environmental applications, such as flue gas desulfurization (FGD) systems, where it is used as an absorbent for sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) removal [67]. It is also utilized in air pollution control technologies, such as activated carbon production and mercury capture.

*Waste-to-Energy and Biomass Applications:* Fly ash from the combustion of biomass and waste materials can be utilized in similar applications as CFA [68]. It can be used as a cementitious material, in construction materials, or for waste stabilization.

The diverse applications of CFA demonstrate its versatility and value as a resource. By utilizing fly ash in these applications, it promotes resource conservation, reduces waste generation, and contributes to sustainable development practices across various industries.

## **6. Environmental and Economic Perspectives**

### *Environmental Implications of CFA Processing:*

CFA processing can have both positive and negative environmental implications. It is essential to carefully manage and mitigate these impacts. Some key environmental considerations include:

- **Air Pollution:** The processing of CFA can release dust and particulate matter into the air, contributing to air pollution. Proper dust control measures and air filtration systems are necessary to minimize emissions during processing operations.

- **Water Contamination:** Improper storage or disposal of fly ash can lead to water contamination through leaching of contaminants, including heavy metals and trace elements, into groundwater or surface water bodies. Effective management strategies, such as containment and leachate collection systems, are important to prevent water pollution.

- **Land Use and Waste Management:** Fly ash processing generates residues or byproducts that require appropriate waste management practices. The disposal of these residues in landfills must meet regulatory requirements to prevent potential environmental impacts. Implementing sustainable waste management practices, such as beneficial utilization or recycling, can help minimize the need for landfilling.

- **Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions:** Some processing techniques may require significant energy inputs, contributing to greenhouse gas emissions. The energy sources and efficiency of the processing operations should be considered to minimize the carbon footprint associated with fly ash processing.

To mitigate these environmental implications, it is crucial to implement strict regulatory frameworks, employ advanced pollution control technologies, promote recycling and reuse of fly ash, and adopt sustainable practices throughout the processing and utilization chain.

### *Economic Viability of Different Processing Techniques*

The economic viability of CFA processing techniques depends on several factors, including the scale of operations, market demand, cost of inputs, and potential revenue streams. The following aspects should be considered when evaluating the economic viability:



- **Cost-Benefit Analysis:** Assessing the costs associated with processing, such as equipment, energy consumption, labor, and waste management, compared to the potential economic benefits of the processed fly ash is essential.

- **Revenue generation:** In order to help the processing techniques be economically viable, it is possible to identify new sources of income from treated fly ash such as sales of value added products, use in different sectors or carbon offsets.

- **Market demand and prices considerations:** the determination of market demand for processed fly ash products and evaluating price dynamics can help assess the economic feasibility of different processing techniques.

- **Cost Reduction Strategies:** Exploring cost reduction strategies, such as process optimization, technology advancements, and resource efficiency, can enhance the economic viability of fly ash processing operations.

#### *Resource Recovery and Circular Economy Principles*

Fly ash processing offers opportunities for resource recovery and aligns with circular economy principles. By treating and processing fly ash, the following benefits can be achieved:

- **Recovery of Valuable Materials:** Fly ash contains valuable components, such as silica, alumina, and iron, which can be recovered and utilized in various industries. Resource recovery from fly ash reduces the demand for virgin raw materials, conserves natural resources, and promotes a circular economy approach.

- **Waste Minimization:** Processing fly ash can reduce the volume of waste requiring disposal, minimizing the need for landfill space and associated environmental impacts. Utilizing fly ash as a resource reduces waste generation and supports sustainable waste management practices.

- **Closed-Loop Systems:** Adopting closed-loop systems, where the byproducts or residues from fly ash processing are recycled or utilized within the same or related industries, promotes circular economy principles. This approach maximizes the value and utility of fly ash, minimizing waste and reducing the environmental footprint.

- **Environmental Benefits:** The proper processing and utilization of fly ash contribute to environmental benefits, including reduced greenhouse gas emissions, decreased reliance on virgin resources, and improved waste management practices.

By implementing resource recovery strategies and embracing circular economy principles, fly ash processing can transform a waste material into a valuable resource while minimizing environmental impacts and promoting sustainable development.

## **7. Challenges and Future Directions**

### *Challenges*

CFA composition can vary significantly depending on factors such as the coal source, combustion conditions, and flue gas cleaning systems. This variability presents challenges in developing standardized processing techniques that can effectively handle the diverse compositions of fly ash.

Scaling up fly ash processing techniques to meet large-scale production demands while maintaining efficiency and cost-effectiveness is a challenge. Developing processing methods that can handle high volumes of fly ash without compromising the quality of the processed material is crucial.

There are challenges in balancing the need for efficient processing and environmental considerations. Important aspects to be taken into account are the proper management of waste streams, minimising air and water pollution as well as the potential for contamination from fly ash processing plants.

Keeping up with technological advancements and adopting innovative processing techniques can be a challenge in the field of fly ash processing. Research and development efforts are needed to explore and implement new technologies that can improve the efficiency, effectiveness, and sustainability of fly ash processing.

### *Knowledge gaps*

Further research is needed to enhance the understanding of the composition, physical properties, and behavior of different fly ash types. This will enable the development of more targeted and effective processing techniques based on specific fly ash characteristics.

More research is required to optimize existing processing techniques and develop new methods to enhance the separation efficiency, purity, and quality of the processed fly ash fractions. This includes improving the selectivity, yield, and cost-effectiveness of separation methods.

Investigating innovative ways to utilize the byproducts and residues generated during fly ash processing can help minimize waste and enhance the economic viability of the overall process. Finding value-added applications for these byproducts will contribute to a more sustainable and circular approach.

Conducting comprehensive and systematic assessments of the environmental impacts associated with different processing techniques is crucial. This includes evaluating air emissions, water contamination risks, and the potential for resource depletion, to develop strategies for minimizing environmental footprints.

#### *Future Directions and Emerging Technologies*

Improved separation efficiency, selectivity and purity of fly ash fractions can be achieved through further research on the latest technology for separating such as ionising separators, highgradient magnetic separators and advanced flotation methods.

Future directions in fly ash processing involve exploring more sustainable utilization pathways, such as increased use of fly ash in high-value products, development of novel applications, and integration fly ash into circular economy practices.

Research efforts are focusing on utilizing fly ash as a sorbent for carbon capture, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions. Developing efficient carbon capture and utilization technologies using fly ash can enhance its environmental and economic value.

Investigating the use of processed fly ash in the development of advanced composite materials, such as geopolymers, engineered aggregates, and lightweight construction materials, offers promising avenues for future applications.

Integrating fly ash processing with other industrial processes, such as coal combustion, cement production, or waste-to-energy facilities, can create synergies, enhance resource efficiency, and improve overall sustainability.

Addressing the current challenges, conducting further research to fill gaps in knowledge, and exploring emerging technologies will pave the way for more efficient, sustainable, and value-added CFA processing. Future directions involve a multidisciplinary approach that considers technical, environmental, and economic aspects to maximize the potential of this abundant waste material.

### **8. Conclusion**

CFA is a valuable byproduct produced by the burning of coal at power plants. It consists of fine particles primarily composed of silica, alumina, iron oxide, and calcium oxide. Processing CFA holds significant importance for various reasons.

It enhances the utilization of this waste material, reducing the need for landfilling and promoting sustainable waste management practices. By processing fly ash, its potential applications can be expanded, leading to increased value and reduced waste generation.

Processing improves the quality and properties of fly ash, making it suitable for a wider range of applications. This includes enhancing its strength, durability, and other performance characteristics, making it valuable in industries such as cement and concrete production, construction, road construction, waste stabilization, and agriculture.

Moreover, processing CFA contributes to resource conservation. Valuable components present in the fly ash can be recovered and utilized, reducing the reliance on virgin raw materials. This not only conserves natural resources but also reduces the environmental impact associated with their extraction and processing.

Fly ash processing promotes sustainable development by reducing environmental impacts and supporting circular economy principles. It minimizes the release of fly ash into the environment, mitigating air and water pollution risks. By treating fly ash as a resource and incorporating it back into the production cycle, it supports the circular economy concept of minimizing waste and maximizing resource efficiency.

The provided review an overview of various characteristics of CFA, including particle size distribution, chemical composition, mineralogy, reactivity, and leachability. It also discussed the effectiveness and limitations of processing techniques such as electrostatic separation, magnetic

separation, and froth flotation for separating fly ash components. Furthermore, the review explored the diverse applications of CFA in industries such as cement and concrete production, construction materials, road construction, waste stabilization, and agriculture.

### References

1. Status of coal-based thermal power plants, coal fly ash production, utilization in India and their emerging applications / V.K. Yadav et al // Minerals. – 2022. – Vol. 12, № 12. – P.1503. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12121503>.
2. Vig N. The multiple value characteristics of fly ash from Indian coal thermal power plants: a review / N. Vig, S. Mor., K. Ravindra // Environmental Monitoring and Assessment. – 2023. – Vol. 195, № 1. – P.33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10473-2>.
3. Blissett R.S. A review of the multi-component utilisation of coal fly ash / R.S. Blissett, N.A. Rowson // Fuel. – 2012. – Vol. 97. – P.1-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.024>.
4. Czech T. Morphology and chemical composition of magnetic particles separated from coal fly ash / T. Czech // Materials. – 2022. – Vol. 15, № 2. – P. 28. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15020528>.
5. Liu H. Particle size distributions of fly ash arising from vaporized components of coal combustion: A comparison of theory and experiment / H. Liu, Y. Wang, J.O. Wendt // Energy & Fuels. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P.4300-4307.
6. New potential demulsifiers obtained by processing gossypol resin / N.S. Otarbaev et al // Indonesian Journal of Chemistry. – 2019. – Vol, 19, № 4. – P.959-966. DOI: <https://doi.org/10.22146/ijc.38671>.
7. Quartz particles electron-microscopic investigations modified by mechanochemical processing / N.N. Mofa et al // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2003. – Vol. 5, № 4. – P. 297-303. DOI: <https://doi.org/10.18321/ectj317>.
8. Gollakota A.R. Progressive utilisation prospects of coal fly ash: A review / A.R. Gollakota, V. Volli, C.M. Shu // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 672. – P.951-989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.337>.
9. Dwivedi A. Fly ash-waste management and overview: A Review / A. Dwivedi, M.K. Jain // Recent Research in Science and Technology. – 2014. – Vol. 6, № 1.
10. Krasnyi B.L. Fly ash as technogenic raw material for producing refractory and insulating ceramic materials / B.L. Krasnyi et al // Glass and Ceramics. – 2021. – Vol. 78. – P. 48-56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10717-021-00347-3>.
11. Physico-Chemical Study of the Possibility of Utilization of Coal Ash by Processing as Secondary Raw Materials to Obtain A Composite Cement Clinker / B. Muratov et al // Journal of Composites Science. – 2023. – Vol. 7, № 6. – P.234. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcs7060234>.
12. Panda L. Characterization and utilization of coal fly ash: a review / L. Panda, S. Dash // Emerging Materials Research. – 2020. – Vol. 9, № 3. – P. 921-934. DOI: <https://doi.org/10.1680/jemmr.18.00097>.
13. A comprehensive review on the applications of coal fly ash / Z.T. Yao et al // Earth-science reviews. – 2015. – Vol. 141. – P.105-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.016>.
14. Alehyen S. Characterization, microstructure and properties of fly ash-based geopolymer / S. Alehyen, M.E.L. Achouri, M. Taibi // J. Mater. Environ. Sci. – 2017. – Vol. 8, № 5. – P. 1783-1796.
15. A review of the alumina recovery from coal fly ash, with a focus in China / Z.T. Yao et al // Fuel. – 2014. – Vol. 120. – P. 74-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.12.003>.
16. Utilization of radioactive high-calcium Mongolian flyash for the preparation of alkali-activated geopolymers for safe use as construction materials / J. Temuujin et al // Ceramics International. – 2014. – Vol. 40, № 10. – P.16475-16483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.07.157>.
17. Toxicity mitigation and solidification of municipal solid waste incinerator fly ash using alkaline activated coal ash / E.I. Diaz-Loya et al // Waste Management. – 2012. – Vol. 32, № 8. – P. 1521-1527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.030>.

18. Recycling of coal fly ash as an example of an efficient circular economy: A stakeholder approach / O. Marinina et al // *Energies*. – 2021. – Vol. 14, № 12. – P. 3597. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14123597>.
19. Fly ash pollutants, treatment and recycling / A. Gianoncelli et al // *Pollutant diseases, remediation and recycling*. – 2013. – P. 103-213. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02387-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02387-8_3).
20. Zero-waste approach in municipal solid waste incineration: Reuse of bottom ash to stabilize fly ash / A. Assi et al // *Journal of cleaner production*. – 2020. – Vol. 245. – P. 118779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118779>.
21. Chemical stability of geopolymers containing municipal solid waste incinerator fly ash / I. Lancellotti et al // *Waste Management*. – 2010. – Vol. 30, № 4. – P. 673-679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.032>.
22. Extraction of value-added minerals from various agricultural, industrial and domestic wastes / V.K. Yadav et al // *Materials*. – 2021. – Vol. 14, № 21. – P. 6333. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14216333>.
23. Synthesis and characterisation of pure phase ZSM-5 and sodalite zeolites from coal fly ash / N.Z. Ndlovu et al // *Materials Today Communications*. – 2023. – Vol. 34. – P. 105436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.105436>.
24. Biomass fly ash as an alternative to coal fly ash in blended cements: Functional aspects / J. Fořt et al // *Construction and Building Materials*. – 2021. – Vol. 271. – P. 121544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121544>.
25. Effect of seawater salinity on the synthesis of zeolite from coal fly ash / Y. Yu et al // *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. – 2014. – Vol. 8. – P. 54-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11783-013-0493-4>.
26. Shaheen S.M. Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements—a review / S.M. Shaheen, P.S. Hooda, C.D. Tsadilas // *Journal of environmental management*. – 2014. – Vol. 145. – P. 249-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.005>.
27. Shemi A., Ndlovu S., Sibanda V., Van Dyk L.D. Extraction of alumina from coal fly ash using an acid leach-sinter-acid leach technique // *Hydrometallurgy*. – 2015. – Vol.157. – P. 348-355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.08.023>.
28. Bendapudi S.C.K. Contribution of fly ash to the properties of mortar and concrete / S.C.K. Bendapudi, P. Saha // *International Journal of Earth Sciences and Engineering*. – 2011. – Vol. 4, № 6. – P. 1017-1023.
29. Enrichment characteristics, thermal stability and volatility of hazardous trace elements in fly ash from a coal-fired power plant / S. Zhao et al // *Fuel*. – 2018. – Vol. 225. – P. 490-498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.03.190>.
30. Leachability and adverse effects of coal fly ash: A review / N. Wang // *Journal of hazardous materials*. – 2020. – Vol. 396. – P. 122725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122725>.
31. Chemical stabilization remediation for heavy metals in contaminated soils on the latest decade: Available stabilizing materials and associated evaluation methods-A critical review / D.M. Xu et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 321. – P. 128730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128730/>
32. Recovery of metals and other beneficial products from coal fly ash: A sustainable approach for fly ash management / P.K. Sahoo et al // *International Journal of Coal Science & Technology*. – 2016. – Vol. 3, № 3. – P. 267-283. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40789-016-0141-2>.
33. Nandanam K. Effect of fly ash, GGBS, and metakaolin on mechanical and durability properties of self-compacting concrete made with 100% coarse recycled aggregate / K. Nandanam, U.S. Biswal, P. Dinakar // *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*. – 2021. – Vol. 25, № 2. – P. 04021002. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.2153-5515.0000595](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000595).
34. Kursun Unver I. Distribution of trace elements in coal and coal fly ash and their recovery with mineral processing practices: A review / I. Kursun Unver, M. Terzi // *Journal of Mining and Environment*. – 2018. – Vol. 9, № 3. – P. 641-655.

35. Recent advances in the intensification of triboelectric separation and its application in resource recovery: A review / J. He et al // *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*. – 2023. – P. 109308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109308>.
36. Analysis of protein enrichment during single-and multi-stage tribo-electrostatic bioseparation processes for dry fractionation of legume flour / S. Tabtabaei // *Separation and Purification Technology*. – 2017. – Vol. 176. – P. 48-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.11.050>.
37. Fotovat F. Electrostatics in gas-solid fluidized beds: A review / F. Fotovat, X.T. Bi, J.R. Grace // *Chemical Engineering Science*. – 2017. – Vol. 173. – P. 303-334. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2017.08.001>.
38. Afshar-Mohajer N. Electrostatic collection of tribocharged lunar dust simulants / N. Afshar-Mohajer, C.Y. Wu, Sorloaica-Hickman N. // *Advanced Powder Technology*. – 2014. – Vol. 25, № 6. – P. 1800-1807. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2014.07.010>.
39. Review on occurrence, speciation, transition and fate of sulfur in typical ultra-low emission coal-fired power plants / Z. Zhou et al // *Journal of the Energy Institute*. – 2022. – Vol. 100. – P. 259-276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2021.12.004>.
40. Separation of unburned carbon from coal fly ash: A review / Y. Xing et al // *Powder Technology*. – 2019. – Vol. 353. – P. 372-384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.05.037>.
41. Investigation on the effects of fluid intensification based preconditioning process on the decarburization enhancement of fly ash / D. Li et al // *Chinese Journal of Chemical Engineering*. – 2022. – Vol. 44. – P.275-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2021.03.001>.
42. Recent advances and conceptualizations in process intensification of coal gasification fine slag flotation / Z. Xue et al // *Separation and Purification Technology*. – 2022. – P. 22394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122394>.
43. Mallampati S.R. Hybrid selective surface hydrophilization and froth flotation separation of hazardous chlorinated plastics from E-waste with novel nanoscale metallic calcium composite / S.R. Mallampati, J.H. Heo, M.H. Park // *Journal of hazardous materials*. – 2016. – Vol. 306. – P. 13-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.11.054>.
44. Zhang L., Yang F., Tao Y. Removal of unburned carbon from fly ash using enhanced gravity separation and the comparison with froth flotation / L. Zhang, F. Yang, Y. Tao // *Fuel*. – 2020. – Vol. 259. – P. 116282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116282>.
45. Noble A. A review of state-of-the-art processing operations in coal preparation / A. Noble, G.H. Luttrell // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2015. – Vol. 25, № 4. – P. 511-521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.05.001>.
46. Developments in characterization and mineral processing of coal Fly ash for recovery of rare earth elements / T. Sreenivas et al // *In Clean Coal Technologies: Beneficiation, Utilization, Transport Phenomena and Prospective*. – 2021. – P. 431-471. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68502-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68502-7_17).
47. Recovery of rare earth elements from coal fly ash through sequential chemical roasting, water leaching, and acid leaching processes / J. Pan et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 284. – P.124725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124725>.
48. Recovery of rare earth elements from coal fly ash by integrated physical separation and acid leaching / J. Pan et al // *Chemosphere*. – 2020. – Vol. 248. – P. 126112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126112>.
49. Coal fly ash derived silica nanomaterial for MMMs-application in CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> separation / M.G. Miricioiu et al // *Membranes*. – 2021. – Vol. 11, № 2. – P. 78. DOI: <https://doi.org/10.3390/membranes11020078>.
50. Arroyo F. Hydrometallurgical recovery of germanium from coal gasification fly ash. Solvent extraction method / F. Arroyo, C. Fernandez-Pereira // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2008. – P. 47, № 9. – P. 3186-3191. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie7016948>.
51. Selective recovery of rare earth elements from coal fly ash leachates using liquid membrane processes / R.C. Smith et al // *Environmental science & technology*. – 2019. – Vol. 53, № 8. – P. 4490-4499. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00539>.

52. Zhu Y. Supercritical carbon dioxide/nitrogen/air extraction with multistage stripping enables selective recovery of rare earth elements from coal fly ashes / Y. Zhu, G. Wang, Y.S. Jun // RSC Sustainability. – 2023. – Vol. 1, № 2. – P. 251-260. DOI: <https://doi.org/10.1039/D2SU00033D>.
53. Zhang W. Studies on carbon flotation from fly ash / W. Zhang, R. Honaker // Fuel processing technology. – 2015. – Vol. 139. – P. 236-241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.06.045>.
54. Possibilities of graphitization of unburned carbon from coal fly ash / Z. Adamczyk et al // Minerals. – 2021. – Vol. 11, № 9. – P. 1027. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11091027>.
55. Mofa N.N. Self-propagating high-temperature synthesis of ceramic materials from mechanically activated materials / N.N. Mofa, T.A. Ketegenov, G.P. Metaksa // Chemical Physics Reports. – 1997. – Vol. 16, № 5. – P. 903-910.
56. Extending supplementary cementitious material resources: Reclaimed and remediated fly ash and natural pozzolans / I. Diaz-Loya et al // Cement and concrete composites. – 2019. – Vol. 101. – P. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.06.011>.
57. Federico L.M. Waste glass as a supplementary cementitious material in concrete—critical review of treatment methods / L.M. Federico, S.E. Chidiac // Cement and concrete composites. – 2009. – Vol. 31, № 8. – P. 606-610. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.02.001>.
58. Characterization of sugarcane bagasse ash as a potential supplementary cementitious material: Comparison with coal combustion fly ash / P. Zhang et al // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 277. – P. 123834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123834>.
59. Fly ash-based geopolymer: clean production, properties and applications / X.Y. Zhuang et al // Journal of Cleaner Production. – 2016. – Vol. 125. – P. 253-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.019>.
60. Toniolo N. Fly ash-based geopolymers containing added silicate waste. A review / N. Toniolo, A.R. Boccaccini // Ceramics International. – 2016. – Vol. 43, № 17. – P. 14545-14551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.221>.
61. ul Haq E. Synthesis and characteristics of fly ash and bottom ash based geopolymers – A comparative study / E. ul Haq, S.K. Padmanabhan, A. Licciulli // Ceramics International. – 2014. – Vol. 40, № 2. – P. 2965-2971. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.10.012>.
62. Fly ash-based geopolymers: The relationship between composition, pore structure and efflorescence / Z. Zhang et al // Cement and concrete research. – 2014. – Vol. 64. – P. 30-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.06.004>.
63. Ahmaruzzaman M. A review on the utilization of fly ash / M. Ahmaruzzaman // Progress in energy and combustion science. – 2010. – Vol. 36, № 3. – P. 327-363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.003>.
64. Optimization of fly ash based soil stabilization using secondary admixtures for sustainable road construction / R. Renjith et al // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 294. – P. 126264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126264>.
65. Coal fly ash: an emerging material for water remediation / N.B. Singh et al // International Journal of Coal Science & Technology. – 2022. – Vol. 9, № 1. – P. 44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00512-1>.
66. Potential fly-ash utilization in agriculture: a global review / M. Basu et al // Progress in Natural Science. – 2009. – Vol. 19, № 10. – P. 1173-1186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.12.006>.
67. Sulfur dioxide removal: An overview of regenerative flue gas desulfurization and factors affecting desulfurization capacity and sorbent regeneration / M.A. Hanif et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – P. 27515-27540. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09191-4>.
68. Properties of fly ash from forest biomass combustion / R.P. Girón et al // Fuel. – 2013. – Vol. 114. – P. 71-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.04.042>.

## Funding

*This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant № BR21882017).*

**К. Камунур<sup>1,2</sup>, Т. Осеров<sup>1</sup>, Л. Мусапирова<sup>1</sup>, А. Баткал<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Институт проблем горения,

050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 172

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail.ru: abatkalova@mail.ru

## **ОБЗОР ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УГОЛЬНОЙ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ: ТЕКУЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ**

Целью данного обзора является анализ методов переработки угольной летучей золы (УЛЗ) и их последствий. В исследовании рассматривается исследовательская проблема повышения эффективности использования УЛЗ при минимизации воздействия на окружающую среду. Обзор основан на принципах устойчивого развития, экономики замкнутого цикла и ресурсосбережения. Он опирается на теории, связанные с обращением с отходами, материаловедением и инженерной экологией. Был проведен систематический обзор литературы, проанализированы исследовательские статьи, технические отчеты и отраслевые публикации. Обзор включает всестороннее изучение методов переработки, включая разделение, обогащение, утилизацию и методы обработки. Используемые методы исследования включали синтез данных и анализ выявленных исследований. В обзоре освещаются эффективность и ограничения различных методов обработки УЛЗ, таких как электростатическая сепарация, магнитная сепарация и пенная флотация. В нем представлена информация об улучшениях, достигнутых в результате обработки, включая повышение качества УЛЗ, расширение сферы применения и рекуперацию ресурсов. Полученные результаты подчеркивают важность всесторонней характеристики УЛЗ, понимания его состава и свойств, а также оптимизации методов обработки для максимизации его потенциала. Исследование способствует академическому пониманию методов обработки УЛЗ, обеспечивая основу для дальнейших исследований в этой области. С управленческой точки зрения он предлагает рекомендации отраслям, участвующим в утилизации УЛЗ, продвигая устойчивые методы обращения с отходами и ресурсосбережения. Обзор имеет значительные социальные последствия, поскольку снижает воздействие на окружающую среду, связанное с утилизацией УЛЗ, и поддерживает развитие принципов экономики замкнутого цикла.

**Ключевые слова:** угольная летучая зола, переработка угольной летучей золы, физическое разделение, химическое разделение, утилизация угольной золы.

**Қ. Қамұнұр<sup>1,2</sup>, Т. Осеров<sup>1</sup>, Л. Мусапирова<sup>1</sup>, А. Батқал<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Жану проблемалары институты,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Бөгенбай батыр к-сі, 172

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail.ru: abatkalova@mail.ru

## **КӨМІР КҮЛІН ҚАЙТА ӨНДЕУГЕ ШОЛУ: АҒЫМДАҒЫ ЖЕТІСТІКТЕР МЕН БОЛАШАҚ ПЕРСПЕКТИВАЛАР**

Бұл шолудың мақсаты көмір күлін (КК) өңдеу әдістерін және олардың салдарын талдау болып табылады. Зерттеу қоршаған ортаға әсерді азайту кезінде КК пайдалану тиімділігін арттырудың зерттеу мәселесін қарастырады. Шолу тұрақты даму, айналмалы экономика және ресурстарды үнемдеу принциптеріне негізделген. Ол қалдықтарды басқару, материалтану және инженерлік экологияға қатысты теорияларға сүйенеді. Әдебиеттерге жүйелі шолу жасалды, ғылыми мақалалар, техникалық есептер және салалық басылымдар талданды. Шолу қайта өңдеу әдістерін, соның ішінде бөлуді, байытуды, жоюды және өңдеу әдістерін жан-жақты зерттеуді қамтиды. Қолданылатын зерттеу әдістері Деректерді синтездеуді және анықталған зерттеулерді талдауды қамтиды. Шолу электростатикалық сепарация, магниттік сепарация және көбік флотациясы сияқты КК өңдеудің әртүрлі әдістерінің тиімділігі мен шектеулерін көрсетеді. Онда өңдеу нәтижесінде қол жеткізілген жақсартулар, соның ішінде КК сапасын арттыру, қолдану аясын кеңейту және ресурстарды қалпына келтіру туралы ақпарат берілген. Нәтижелер КК жан-жақты сипаттамасының, оның құрамы мен қасиеттерін түсінудің, сондай-ақ оның әлеуетін арттыру үшін өңдеу әдістерін оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді. Зерттеу осы саладағы Қосымша зерттеулерге негіз бола отырып, КК өңдеу әдістерін академиялық түсінуге ықпал етеді. Басқару тұрғысынан ол қалдықтарды басқару мен ресурстарды үнемдеудің тұрақты әдістерін насихаттай отырып, КК жоюға қатысатын салаларға ұсыныстар ұсынады. Шолудың айтарлықтай әлеуметтік

салдары бар, өйткені ол КК жоюға байланысты қоршаған ортаға әсерді азайтады және айналмалы экономика принциптерінің дамуын қолдайды.

**Түйін сөздер:** көмір күлі, көмір күлін қайта өңдеу, физикалық бөлу, химиялық бөлу, көмір күлін кәдеге жарату.

#### Information about the authors

**Kaster Kamunur** – PhD, Senior Researcher, «Institute of Combustion Problems»; e-mail: kamunur.k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0013-1926>.

**Timur Osserov** – PhD, Senior Researcher, «Institute of Combustion Problems»; e-mail: x\_tios\_x@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6724-0496>.

**Lyazzat Musapirova** – PhD, Researcher, «Institute of Combustion Problems»; e-mail: lyazko@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9881-1324>.

**Aisulu Batkal\*** – PhD student, Researcher, «Institute of Combustion Problems»; e-mail: abatkalova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2271-6953>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Кастер Камунур** – PhD доктор, жетекші ғылыми қызметкер, ШЖҚ РМК «Жану проблемалары институты»; e-mail: kamunur.k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0013-1926>.

**Тимур Осеров** – PhD доктор, жетекші ғылыми қызметкер, ШЖҚ РМК «Жану проблемалары институты»; e-mail: x\_tios\_x@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6724-0496>.

**Ляззат Мусапирова** – PhD доктор, ғылыми қызметкері, ШЖҚ РМК «Жану проблемалары институты»; e-mail: lyazko@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9881-1324>.

**Айсұлу Батқал\*** – PhD студент, ғылыми қызметкер, ШЖҚ РМК «Жану проблемалары институты»; e-mail: abatkalova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2271-6953>.

#### Сведения об авторах

**Кастер Камунур** – PhD доктор, ведущий научный сотрудник, РГП на ПХВ «Институт проблем горения»; e-mail: kamunur.k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0013-1926>.

**Тимур Осеров** – PhD доктор, ведущий научный сотрудник, РГП на ПХВ «Институт проблем горения»; e-mail: x\_tios\_x@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6724-0496>.

**Ляззат Мусапирова** – PhD доктор, научный сотрудник, РГП на ПХВ «Институт проблем горения»; e-mail: lyazko@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9881-1324>.

**Айсұлу Батқал\*** – PhD студент, научный сотрудник, РГП на ПХВ «Институт проблем горения»; e-mail: abatkalova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2271-6953>.

Received 15.03.2024

Revised 10.06.2024

Accepted 11.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-52

МРНТИ: 31.15.33



**М.А. Бисенова<sup>2,3\*</sup>, А.Г. Умирзаков<sup>1,2</sup>, К.И. Мить<sup>2</sup>, А.Л. Мереке<sup>1,2</sup>, Ч.Б. Даулбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Satbaev University,

050032, Республика Казахстан, ул. Сатпаева, 22а

<sup>2</sup>Физико-технический институт,

050032, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ибрагимова, 11

<sup>3</sup>Институт ядерной физики,

050032, Республика Казахстан, ул. Ибрагимова 3/1

\*e-mail: m-bisenova@list.ru

### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ НАНОТРУБОК ПЕРОВСКИТА SrTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНОДИРОВАНИЯ

**Аннотация:** Слои нанотрубок TiO<sub>2</sub>, сформированных в процессе анодирования, представляют собой область активных исследований в контексте инновационных систем конвертации и накопления энергии. Титановые нанотрубки (TNT) привлекают внимание благодаря своим уникальным свойствам, особенно высокому отношению поверхности к объему, что делает их желанным материалом для различных технологических приложений. Метод анодирования широко используется для производства TNT из-за его простоты и относительной дешевизны, метод



позволяет точно контролировать толщину  $TiO_2$  нанотрубок. Также анодирование может использоваться для создания декоративных и цветных покрытий на титановых нанотрубках. В данном исследовании была создана комбинированная структура, включающая анодные нанотрубки  $TiO_2$  и частицы  $SrTiO_3$ , с использованием химических методов синтеза. Нанотрубки  $TiO_2$  были получены путем анодирования в этиленгликоле, содержащем  $NH_4F$  и  $H_2O$ , при применении напряжения 30 вольт. Массив анодных нанотрубок, подвергнутый термической обработке при 450 °C, был затем помещен в автоклав, заполненный разбавленным раствором  $SrTiO_3$ . Анализ сканирующей электронной микроскопии (SEM) показал, что TNT характеризуются четкими и открытыми концами трубок. Со средним внешним диаметром 1,01 мкм и внутренним диаметром 69 нм, а их длина составляет 133 нм.

**Ключевые слова:** Фотокатализатор,  $TiO_2$ , TNT,  $SrTiO_3$ , анодирование.

## Введение

Быстрый рост населения мира привел к увеличению спроса на энергию, основную часть которой обеспечивают ископаемые топлива для производства электроэнергии, промышленных нужд и транспорта [1]. Однако, помимо ограниченной доступности, использование ископаемых топлив оказывает негативное воздействие на окружающую среду, создавая побочные продукты, такие как оксиды углерода, азота и серы [2]. В связи с этим возникает острая потребность в разработке экологически более чистых альтернативных источников энергии, которые были бы устойчивыми и оказывали минимальное воздействие на окружающую среду [3]. Водород выделяется как чистый и эффективный источник энергии, и его производство становится важной задачей в области экологически устойчивых источников энергии [4].

Вода представляет собой обильный источник водорода, однако из-за широкого распространения солнечной энергии сложно разделять воду на стехиометрическое количество водорода и кислорода в промышленных масштабах. Тем не менее одним из методов получения водорода является фотокаталитическое расщепление воды. Фотокатализ может эффективно использовать солнечную энергию для расщепления воды на отдельные элементы [5]. Это уникальный и перспективный метод производства водорода, основанный на использовании солнечной энергии для превращения воды в водород и кислород. Этот процесс может стать важным шагом в направлении устойчивых источников энергии, поскольку он объединяет эффективность солнечных панелей и возможность производства чистого водорода. В частности, фотокатализ был продемонстрирован как более эффективная форма очистки сточных вод благодаря впечатляющей эффективности фотокаталитического удаления, быстрому процессу окисления, более низким затратам и отсутствию токсичности [6]. Фотокаталитическое расщепление воды предполагает использование полупроводников в качестве фотокатализатора, и для фотокаталитического расщепления воды было исследовано и разработано множество полупроводников. К ним относятся такие соединения, как  $TiO_2$ ,  $ZnS$ ,  $CuInS_2$ ,  $g-C_3N_4$  а также композиты:  $TiO_2/CdS$ ,  $ZnO/CdS$ ,  $K_4Nb_6O_{17}/CdS$ , и наноматериалы:  $TiO_2$ ,  $CdS$ ,  $MoS_2-CdS$ ,  $SrTiO_3$ ,  $Au@MoS_2$  [7]. Для достижения эффективного фотокаталитического расщепления воды необходим сложный фотокатализатор, способный преодолеть проблемы в процессе окисления воды

Диоксид титана (титан,  $TiO_2$ ) считается наиболее перспективным и универсальным материалом. За последние десятилетия  $TiO_2$  был всесторонне исследован в различных областях, благодаря своим уникальным свойствам, таким как выдающаяся коррозионная стойкость, высокая биocomпaтибельность, подходящая ширина запрещенной зоны для расщепления воды и стабильные физико-химические характеристики [8] [9]. Узкая запрещенная зона способствует более эффективному сбору солнечной энергии, делая ее идеальным материалом для создания электронно-дырочной пары. Эта пара активно участвует в окислительно-восстановительных реакциях и находит применение в различных областях, таких как красители, продукты питания, биомедицина, фотокатализ, фоторасщепление воды, светочувствительные материалы, сенсibilизированные красителем солнечные элементы и газочувствительные устройства. В последние годы значительные исследовательские усилия были направлены на разработку новых наноматериалов, включая наноструктурированный титан, полученный методами анодирования, золь-гель, гидротермальной обработки и осаждения из паровой фазы [10]. В

настоящее время для разработки и исследования современных устройств, пригодных для различных коммерческих применений, необходимо использовать широкий спектр материалов. Наноматериалы играют ключевую роль в новейших технологиях, обеспечивая создание высокопроизводительных устройств [11]. Работоспособность таких устройств в значительной степени определяется геометрией, формой и морфологией наноструктур [3]. Экспоненциальный рост в литературе указывает на то, что наномасштаб начался в 1990-х годах [12]. Интерес к наномасштабу обусловлен коммерческой доступностью инструментов для манипулирования и измерения характеристик наномасштаба по нескольким причинам: (1) ожидание возникновения новых физических, химических и биологических свойств наноструктур; (2) предположение о том, что наноструктуры предоставят новые строительные блоки для инновационных материалов с уникальными свойствами; (3) миниатюризация полупроводниковой промышленности до наномасштаба; и (4) признание того, что молекулярные механизмы в биологических клетках функционируют на наномасштабе. Ожидание того, что наноструктура обеспечивает новые строительные блоки для инновационных новых материалов с новыми свойствами, миниатюризация до наномасштаба [13].

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Материалы

Фольга Ti (99,9%, толщина 0,1 мм, Китай), этанол (45%), этиленгликоль (99,9%, Россия), фторид аммония и нитрат натрия (70%) были использованы без дополнительной очистки. Во всех экспериментах в качестве растворителя применялась дистиллированная вода.

### 2.2. Синтез SrTiO<sub>3</sub>

SrTiO<sub>3</sub> был получен методом химического осаждения. Для этого 2,54 г Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> были смешаны с 100 мл дистиллированной воды, затем добавили 0,958 г TiO<sub>2</sub> в соотношении Ti и SrTiO<sub>3</sub> 1:1 в этот раствор. Далее раствор подвергали обработке в течение 30 минут в ультразвуковой ванне. Постепенно добавляли раствор с поддержанием интенсивного перемешивания, при этом доводили pH смеси до 6–7 с использованием 10% раствора NH<sub>3</sub>OH. Суспензию несколько раз промывали дистиллированной водой. Полученный порошок сушили при температуре 60°C в течение 12 часов, а затем прокаливали при температуре 900°C в течение 1 часа.

### 2.3. Синтез нанотрубок

TiO<sub>2</sub> нанотрубки (TNT) получен методом анодирования. Фольгу Ti толщиной 0,1 мм изначально разрезали на образцы размером 1 см × 6 см и механически полировали наждачной бумагой P150. Затем листы проходили ультразвуковую обработку в нитрате натрия, этаноле и дистиллированной воде для окончательной очистки. Эксперименты по электрохимическому анодированию проводились в двухэлектродной электрохимической ячейке, где титановая фольга служила рабочим электродом, а лист никелевой фольги – противозлектродом, при постоянном потенциале и комнатной температуре (≈22 °C). На рисунке 1 показана схема процесса формирования титановых нанотрубок.

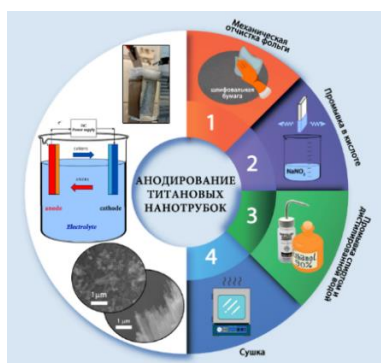


Рисунок 1 – Схематическая иллюстрация этапов по лучению TNT

Использовался источник питания постоянного тока модели UNI-T UTP3315TPL от компании UNI-TREND Technology, Китай. Этот блок применялся в качестве источника напряжения для управления анодированием. Электролит для анодирования состоял из

этиленгликоля с добавлением 0,7 мас. %  $\text{NH}_4\text{F}$  и 3,5 мас.% дистиллированной воды. Процесс анодирования проводился при 30 В в течение 96 часов при комнатной температуре. Анодированные образцы титановых нанотрубок затем помещались в этиленгликоль и подвергались ультразвуковому перемешиванию до тех пор, пока пленка нанотрубок не отделялась от титановой подложки. Суспензия фильтровалась, и остаток несколько раз промывали дистиллированной водой. Полученный порошок сушили при температуре 60 °С в течение 3 часов, а затем прокаливали при температуре 450 °С в течение 1 часа.

#### 2.4. Синтез $\text{TNT@SrTiO}_3$

Для создания комбинированной структуры  $\text{TNT@SrTiO}_3$  были взяты порошки 0,2 г TNT и 0,1 г  $\text{SrTiO}_3$ , смешанные с 40 мл дистиллированной воды и помещенные в нержавеющий автоклав. Запечатанный автоклав нагревали до 90 °С и выдерживали в течение 6 часов. По завершении эксперимента автоклав охлаждали до комнатной температуры. Затем образцы промывали дистиллированной водой и сушили в печи в течение 5 часов при 60 °С.

#### 2.5. Характеристика

Морфологию TNT и комбинированных  $\text{TNT@SrTiO}_3$  анализировали с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-6490LA от компании JEOL, Япония. Кристаллическую структуру образцов изучали при помощи рентгеновского дифрактометра Drone-8.

### 3. Результаты и обсуждение

Среди различных наноструктурированных оксидных материалов особое внимание уделяется нанотрубкам  $\text{TiO}_2$  из-за их улучшенных свойств, экономичной конструкции и более высокого отношения поверхности к объему [14]. Титановые нанотрубки (TNT) с высокой удельной поверхностью, способностью к ионному обмену и фотокаталитическими свойствами рассматриваются для различных потенциальных применений и могут быть отличным кандидатом в качестве катализатора в фотокатализе [15].

На рисунке 2 представлены изображения верхних поверхностей образцов анодных нанотрубок  $\text{TiO}_2$  до и после осаждения  $\text{SrTiO}_3$  на их поверхность.

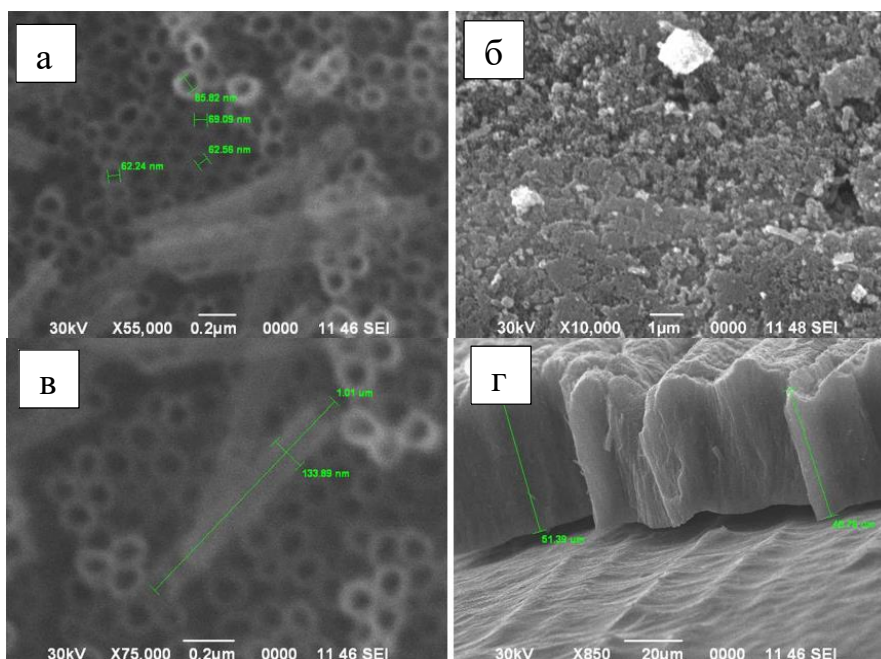


Рисунок 2 – SEM –изображения, показывающие верхнюю поверхность анодного массива TNT– (а); и массива  $\text{TNT@SrTiO}_3$  – (б); вид сверху – (в) вид сбоку – (г) образцов при увеличении поверхность анодного массива приготовленного при 30 В

На верхней поверхности анодированных и отожжённых TNT при 450°С, изображенных на рисунке 2 а, видны четко очерченные трубки с открытыми концами, которые образуют гексагональный порядок. Это типично для анодирования, как было ранее отмечено в [16].

После нанесения покрытия SrTiO<sub>3</sub> наблюдаются выраженные морфологические изменения (рисунок 2 б). В течение 6 часов обработки в автоклаве поверхность проявляет тенденцию к покрытию наночастицами и также обнаружено неравномерное осаждение. На поверхности формируются агломераты, при этом все еще видны круглые отверстия, соответствующие TNT. Заметим, что увеличение времени обработки до 6 часов существенно влияет на морфологию поверхности, приводя к образованию более крупных агломератов и блокированию верхушек трубок [17].

На рисунке 2 в видно, что исходные TNT имеют средний внешний диаметр 1 мкм, а на рисунке 2 а показан внутренний диаметр 69 нм. Длина трубок составляет 133 нм, как видно на вставке. Вид в поперечном сечении отдельно стоящей мембраны из диоксида титана толщиной более 50 нм в среднем показан на рисунке 2 г, механически разрушенной для визуализации. Анализируя результаты работы с другим автором при одинаковом времени анодирования в 96 часов, были получены нанотрубки длиной 360 мкм из фольги Ti толщиной 0,25 мм, анодированной в растворе, содержащем 0,3 мас.% NH<sub>4</sub>F и 2% H<sub>2</sub>O в этиленгликоле при 60 В [18]. Наши результаты, полученные при использовании анодирования в растворе с содержанием 0,7 мас.% NH<sub>4</sub>F и 3,5 мас.% дистиллированной воды при 30 В, показали длину нанотрубок TNT в наноразмерах – 133 нм. SEM-снимки также демонстрируют, что полученные нанотрубки являются упорядоченными и имеют четкие открытые концы. Несмотря на низкое напряжение (30 В), мы компенсировали это, увеличив концентрации NH<sub>4</sub>F и H<sub>2</sub>O в анодном растворе. Из-за повышенного массового процента NH<sub>4</sub>F компенсация производится увеличением концентрации H<sub>2</sub>O, что приводит к более быстрому росту и, следовательно, к большей длине нанотрубок. XRD-анализ образцов TNT@SrTiO<sub>3</sub> проводился на рентгеновском дифрактометре Drone-8 с углами поворота блока детектирования в диапазоне от 20° до 80° и минимальным шагом перемещения блока детектирования 0,001. Характерные пики образцов TNT появляются при 2θ 25,4°, 37,9° и 53,4°, 71,5°, что свидетельствует о поликристаллической структуре анатаза и хорошо согласуется со стандартной картой для TNT (карта JCPDS 1286) (Ghani et al., 2019). Особенно важно отметить, что пик при 2θ, равный 71,23°, обладает высокой интенсивностью, что свидетельствует о высокой кристалличности полупроводника. Это имеет значение, поскольку эффективность переноса заряженных носителей, образующихся при фотогенерации, может сильно зависеть от кристалличности материала. Низкая кристалличность может привести к неэффективной миграции заряженных частиц. Кроме того, полуколичественный элементный анализ частиц подтвердил состав полученных образцов. Наличие элементов Ti и Sr было подтверждено без обнаружения других примесей. По данным атомных процентов по показателю (рис. 3, б) можно установить, что Ti/Sr составляет 81,10%/18,90% соответственно. Эти результаты подтверждают, что конструкции содержат ожидаемые элементы и не имеют значительных примесей.

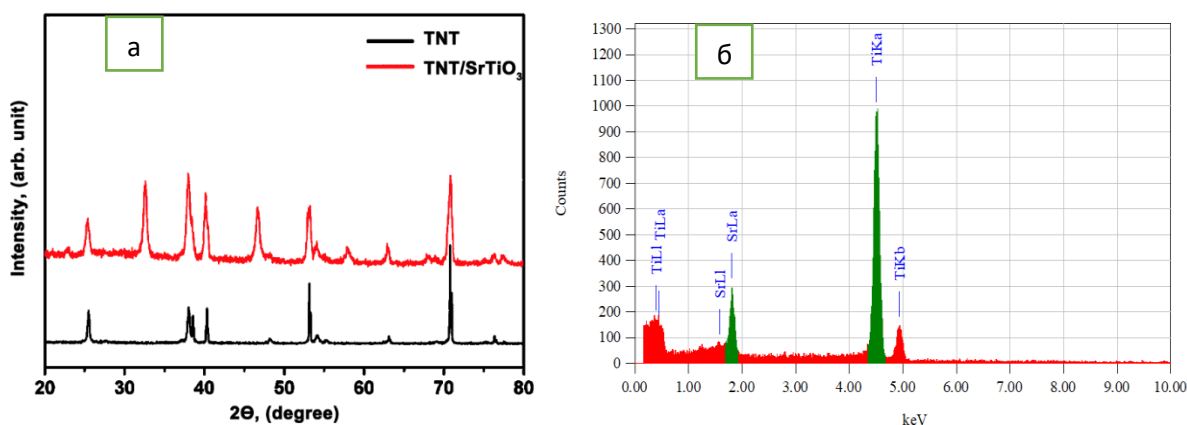


Рисунок 3 – Рентгеноструктурный анализ комбинированного TNT@ SrTiO<sub>3</sub> – (а); полуколичественный элементный анализ частиц TNT@SrTiO<sub>3</sub> – (б)

Нанотрубки TiO<sub>2</sub> могут быть получены различными способами [19], среди которых наиболее широко изученным является использование электрохимического анодирования.

Преимуществом анодных нанотрубок  $\text{TiO}_2$  перед нанотрубками  $\text{TiO}_2$ , полученными другими методами, является их доступность и экономичность. Также, одним из преимуществ данного метода является то, что анодные нанотрубки  $\text{TiO}_2$  растут вертикально на подложке  $\text{Ti}$  с отверстиями нанотрубок сверху и закрытыми нижними частями нанотрубок, прикрепленными к подложке  $\text{Ti}$ . Таким образом, дальнейшая иммобилизация на подложке не требуется. Слои нанотрубок  $\text{TiO}_2$  (ТНТ) являются высокоупорядоченными, что способствует прямому пути диффузии. Кроме того, при необходимости, слои нанотрубок можно удалить с подложки  $\text{Ti}$  и использовать в виде порошков. Еще одним преимуществом является возможность контроля толщины слоя нанотрубок и диаметра нанотрубок путем регулирования электролита анодирования, потенциала и времени [20].

#### 4. Заключение

В данной статье успешно продемонстрирован синтез массивов нанотрубок  $\text{TiO}_2$  с использованием метода электрохимического анодирования. Полученные нанотрубки обладают четкими и открытыми концами, имеют длину 133,9 нм, а их мембраны имеют толщину более 1 мкм. Процесс анодирования  $\text{Ti}$  – фольги толщиной 0,1 мм при 450 °С позволяет легко получать такие массивы нанотрубок. Анализ сканирующей электронной микроскопии (SEM) показал, что ТНТ характеризуются четкими и открытыми концами трубок, со средним внешним диаметром 1 мкм и внутренним диаметром 69 нм, а их длина составляет 133 нм. Кроме того, в рамках исследования была создана комбинированная структура  $\text{TNT}@Sr\text{TiO}_3$  с использованием химических методов синтеза в автоклаве. Рентгенофазовый анализ подтвердил высокую кристалличность и ориентацию кристаллитов вдоль преимущественного направления роста, что указывает на успешное формирование структуры. Полученные результаты имеют потенциальное значение для различных областей, включая фотокаталитическое разложение воды под воздействием солнечного света и другие приложения в области конвертации и накопления энергии. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут способствовать развитию инновационных технологий и улучшению эффективности энергетических систем.

#### Список литературы

1. Zhang Z.  $\text{TiO}_2$  nanotube arrays with a volume expansion factor greater than 2.0: Evidence against the field-assisted ejection theory / Z. Zhang, Q. Wang // *Electrochem. Commun.* – 2020. – V. 114. – P. 106717. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2020.106717>.
2. Galstyan V. Anodic  $\text{TiO}_2$  nanotubes: A promising material for energy conversion and storage / V. Galstyan, M.J. Macak, T. Djenizian // *Appl. Mater. Today.* – 2022. – V. 29. – P. 101613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2022.101613>.
3. Saddique Z. Bismuth-based nanomaterials-assisted photocatalytic water splitting for sustainable hydrogen production / Z. Saddique, M. Imran, A. Javaid // *Int. J. Hydrog. Energy.* – 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.047>.
4. Разработка пористых структур на основе оксидных полупроводников / М.А. Бисенова и др. // *Вестник Горение И Плазмохимия.* – 2021. – Т. 19, вып. 1. DOI: <https://doi.org/10.18321/cpc409>.
5. The state-of-the-art review on rational design for cavitation assisted photocatalysis / S.J. Wang et al // *Mater. Des.* – 2023. – V. 234, – P. 112377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112377>.
6. State-of-the-art review on photocatalysis for efficient wastewater treatment: Attractive approach in photocatalyst design and parameters affecting the photocatalytic degradation / D.E. Lee et al // *Catal. Commun.* – 2023. – v. 183. – P. 106764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106764>.
7. A Review on  $\text{TiO}_2$  Nanotubes: Influence of Anodization Parameters, Formation Mechanism, Properties, Corrosion Behavior, and Biomedical Applications / K. Indira et al // *J. Bio- Tribo-Corros.* – 2015/ – V. 1. – P. 28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40735-015-0024-x>.
8. Electrochemical detection of 2,4,6-trinitrotoluene reduction in aqueous solution by using highly ordered 1D  $\text{TiO}_2$  nanotube arrays / S. Moon et al // *Mater. Today Commun.* – 2020. – V. 25. – P. 101389. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101389>.
9. Application of a new nano- $\text{TiO}_2$  composite antibacterial agent in nursing management of operating room: Based on real-time information push assistant system / A. Xiaoyan et al // *Prev. Med.* – 2023. – V.172. – P. 107541. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2023.107541>.

10. Yin H. The large diameter and fast growth of self-organized TiO<sub>2</sub> nanotube arrays achieved via electrochemical anodization / H. Yin, H. Liu, W. Shen // *Nanotechnology*. – 2009. – V. 21, I. 3. – P. 035601. DOI: <https://10.1088/0957-4484/21/3/035601>.
11. Highly ordered combined structure of anodic TiO<sub>2</sub> nanotubes and TiO<sub>2</sub> nanoparticles prepared by a novel route for dye-sensitized solar cells / T. Ghani et al // *J. Saudi Chem. Soc.* – 2019. – V. 23, I. 8. – P. 1231-1240. DOI: <https://10.1016/j.jscs.2019.08.003>.
12. Получаемый из биоотходов многослойный графен/srTiO<sub>3</sub> как эффективная фотокаталитическая система / Ж. Куспанов и др. // *Вестник Горение И Плазмохимия*. – 2023. – V. 21, вып. 2. DOI: [https://10.18321/cpc21\(2\)71-80](https://10.18321/cpc21(2)71-80).
13. Anodic growth of TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Effects of substrate curvature and residual stress / W. Zhang, et al // *Surf. Coat. Technol.* – 2023. – V. 469. – P. 129783. DOI: <https://10.1016/j.surfcoat.2023.129783>.
14. TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays of 1000 μm Length by Anodization of Titanium Foil: Phenol Red Diffusion / M. Paulose et al // *J. Phys. Chem. C*. – 2007. – V. 111., I. 41. – P. 14992-14997. DOI: <https://10.1021/jp075258r>.
15. Moulis F. Photocatalytic degradation of several VOCs (n-hexane, n-butyl acetate and toluene) on TiO<sub>2</sub> layer in a closed-loop reactor / F. Moulis, J. Krýsa // *Catalysis Today*. – 2013. – V. 209. – P. 153-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2012.10.017>.
16. Hou X. Controlling anodization time to monitor film thickness, phase composition and crystal orientation during anodic growth of TiO<sub>2</sub> nanotubes / X. Hou, P.D. Lund, Y. Li // *Electrochem. Commun.* – 2022. – V. 134. – P. 107168. DOI: <https://10.1016/j.elecom.2021.107168>.
17. Ideally Hexagonally Ordered TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays / H. Sopha, et al // *Chemistry Open*. – 2017. – V. 6, I. 4. – P. 480-483. DOI: <https://10.1002/open.201700108>.
18. Lee K. One-Dimensional Titanium Dioxide Nanomaterials: Nanotubes / K. Lee, A. Mazare, P. Schmuki // *Chem. Rev.* – 2014. – V. 114, I. 19. – P. 9385-9454. DOI: <https://10.1021/cr500061m>.
19. One-Step Decoration of TiO<sub>2</sub> Nanotubes with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles: Synthesis and Photocatalytic and Magnetic Properties / D. Beketova, et al // *ACS Appl. Nano Mater.* – 2020. – V. 3, I. 2. – P. 1553-1563. DOI: <https://10.1021/acsanm.9b02337>.
20. Tak M. Synthesis of titanium nanotubes (TNT) and its influence on electrochemical micromachining of titanium / M. Tak, H. Tomar, R.G. Mote // *Procedia CIRP*. – 2020. – V. 95. – P. 803-808, DOI: <https://10.1016/j.procir.2020.01.140>.

### References

1. Zhang Z. TiO<sub>2</sub> nanotube arrays with a volume expansion factor greater than 2.0: Evidence against the field-assisted ejection theory / Z. Zhang, Q. Wang // *Electrochem. Commun.* – 2020. – V. 114. – P. 106717. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2020.106717>. (In English).
2. Galstyan V. Anodic TiO<sub>2</sub> nanotubes: A promising material for energy conversion and storage / V. Galstyan, M.J. Macak, T. Djenizian // *Appl. Mater. Today*. – 2022. – V. 29. – P. 101613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2022.101613>. (In English).
3. Saddique Z. Bismuth-based nanomaterials-assisted photocatalytic water splitting for sustainable hydrogen production / Z. Saddique, M. Imran, A. Javaid // *Int. J. Hydrog. Energy*. – 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.047>. (In English).
4. Разработка пористых структур на основе оксидных полупроводников / М.А. Бисенова и др. // *Вестник Горение И Плазмохимия*. – 2021. – Т. 19, вып. 1. DOI: <https://doi.org/10.18321/cpc409>. (In Russian).
5. The state-of-the-art review on rational design for cavitation assisted photocatalysis / S.J. Wang et al // *Mater. Des.* – 2023. – V. 234. – P. 112377. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112377>. (In English).
6. State-of-the-art review on photocatalysis for efficient wastewater treatment: Attractive approach in photocatalyst design and parameters affecting the photocatalytic degradation / D.E. Lee et al // *Catal. Commun.* – 2023. – v. 183. – P. 106764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106764>. (In English).
7. A Review on TiO<sub>2</sub> Nanotubes: Influence of Anodization Parameters, Formation Mechanism, Properties, Corrosion Behavior, and Biomedical Applications / K. Indira et al // *J. Bio-Tribo-Corros.* – 2015/ – V. 1. – P. 28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40735-015-0024-x>. (In English).

8. Electrochemical detection of 2,4,6-trinitrotoluene reduction in aqueous solution by using highly ordered 1D TiO<sub>2</sub> nanotube arrays / S. Moon et al // Mater. Today Commun. – 2020. – V. 25. – P. 101389. DOI: <https://10.1016/j.mtcomm.2020.101389>. (In English).
9. Application of a new nano-TiO<sub>2</sub> composite antibacterial agent in nursing management of operating room: Based on real-time information push assistant system / A. Xiaoyan et al // Prev. Med. – 2023. – V. 172. – P. 107541. DOI: <https://10.1016/j.ypmed.2023.107541>. (In English).
10. Yin H. The large diameter and fast growth of self-organized TiO<sub>2</sub> nanotube arrays achieved via electrochemical anodization / H. Yin, H. Liu, W. Shen // Nanotechnology. – 2009. – V. 21, I. 3. – P. 035601. DOI: <https://10.1088/0957-4484/21/3/035601>. (In English).
11. Highly ordered combined structure of anodic TiO<sub>2</sub> nanotubes and TiO<sub>2</sub> nanoparticles prepared by a novel route for dye-sensitized solar cells / T. Ghani et al // J. Saudi Chem. Soc. – 2019. – V. 23, I. 8. – P. 1231-1240. DOI: <https://10.1016/j.jscs.2019.08.003>. (In English).
12. Poluchaemyi iz biootkhodov mnogoslainyi grafen/srtio3 kak ehffektivnaya fotokataliticheskaya sistema / ZH. Kuspanov i dr. // Vestnik Gorenje I Plazmokhimiya. – 2023. – V. 21, vyp. 2. DOI: [https://10.18321/cpc21\(2\)71-80](https://10.18321/cpc21(2)71-80). (In Russian).
13. Anodic growth of TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Effects of substrate curvature and residual stress / W. Zhang, et al // Surf. Coat. Technol. – 2023. – V. 469. – P. 129783. DOI: <https://10.1016/j.surfcoat.2023.129783>. (In English).
14. TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays of 1000 μm Length by Anodization of Titanium Foil: Phenol Red Diffusion / M. Paulose et al // J. Phys. Chem. C. – 2007. – V. 111., I. 41. – P. 14992-14997. DOI: <https://10.1021/jp075258r>. (In English).
15. Moulis F. Photocatalytic degradation of several VOCs (n-hexane, n-butyl acetate and toluene) on TiO<sub>2</sub> layer in a closed-loop reactor / F. Moulis, J. Krýsa // Catalysis Today. – 2013. – V. 209. – P. 153-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2012.10.017>. (In English).
16. Hou X. Controlling anodization time to monitor film thickness, phase composition and crystal orientation during anodic growth of TiO<sub>2</sub> nanotubes / X. Hou, P.D. Lund, Y. Li // Electrochem. Commun. – 2022. – V. 134. – P. 107168. DOI: <https://10.1016/j.elecom.2021.107168>. (In English).
17. Ideally Hexagonally Ordered TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays / H. Sopha, et al // Chemistry Open. – 2017. – V. 6, I. 4. – P. 480-483. DOI: <https://10.1002/open.201700108>. (In English).
18. Lee K. One-Dimensional Titanium Dioxide Nanomaterials: Nanotubes / K. Lee, A. Mazare, P. Schmuki // Chem. Rev. – 2014. – V. 114, I. 19. – P. 9385-9454. DOI: <https://10.1021/cr500061m>. (In English).
19. One-Step Decoration of TiO<sub>2</sub> Nanotubes with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles: Synthesis and Photocatalytic and Magnetic Properties / D. Beketova, et al // ACS Appl. Nano Mater. – 2020. – V. 3, I. 2. – P. 1553-1563. DOI: <https://10.1021/acsanm.9b02337>. (In English).
20. Tak M. Synthesis of titanium nanotubes (TNT) and its influence on electrochemical micromachining of titanium / M. Tak, H. Tomar, R.G. Mote // Procedia CIRP. – 2020. – V. 95. – P. 803-808, DOI: <https://10.1016/j.procir.2020.01.140>. (In English).

### **Благодарность.**

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта AP19680604. «Разработка фотокатализатора на основе нанотрубок TiO<sub>2</sub> с высокой фотокаталитической активностью», за что авторы выражают огромную благодарность.*

**М.А. Бисенова<sup>2,3\*</sup>, А.Г. Умирзаков<sup>1,2</sup>, К.И. Мить<sup>2</sup>, А.Л. Мереке<sup>1,2</sup>, Ч.Б. Даулбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Satbaev University,

050032, Қазақстан Республикасы, Сәтбаев көшесі, 22а

<sup>2</sup>Физика-техникалық институты,

050032, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Ибрагимов к-сі, 11

<sup>3</sup>Физико ядролық институт,

050032, Қазақстан Республикасы, Ибрагимов көшесі 3/1

\*e-mail: m-bisenova@list.ru

### **SnTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> ГИБРИДТІ ПЕРОВСКИТТІК НАНОТҮТІКШЕЛЕРДІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ АНОДТАУ ӨДІСІ АРҚЫЛЫ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ**

Анодтау процесі арқылы пайда болған  $TiO_2$  нанотүтікшелерінің қабаттары инновациялық конверсия және энергияны сақтау жүйелері контекстінде зерттеу саласында қолданылады. Титан нанотүтікшелері (TNT) өзінің ерекше қасиеттеріне, әсіресе беттік көлемнің жоғары қатынасына сондай-ақ, бұл оларды әртүрлі технологиялық қосымшалар үшін қажет материал ретінде пайдалануға болады. Анодтау әдісі қарапайымдылығы мен салыстырмалы арзандығына байланысты TNT өндіру үшін кеңінен қолданылады, бұл әдіс  $TiO_2$  нанотүтікшелердің қалыңдығын дәл бақылауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, анодтауды титан нанотүтікшелерінде сәндік және түрлі-түсті жабындар жасау үшін пайдалануға болады. Бұл зерттеуде химиялық синтез әдістерін қолдана отырып,  $TiO_2$  анодты нанотүтікшелері мен  $SrTiO_3$  бөлшектерін қамтитын күрделі құрылым жасалды.  $TiO_2$  нанотүтікшелері 30 вольт кернеуді пайдалана отырып, құрамында  $NH_4F$  және  $H_2O$  бар этиленгликольде анодтау әдісі арқылы алынды. 450 °C температурада термиялық өңдеуден өткен анодты нанотүтікшелер массиві сұйылтылған  $SrTiO_3$  ерітіндісімен толтырылған автоклавқа орналастырылды. Сканерлеуші электронды микроскопияда (SEM) талдау көрсеткендей, TNT түтікшелері айқын және ашық ұштарымен сипатталады. Орташа сыртқы диаметрі 1,01 мкм және ішкі диаметрі 69 нм, ал ұзындығы 133 нм екенді көрсетілді.

**Түйін сөздер:** Фотокатализатор,  $TiO_2$ , TNT,  $SrTiO_3$ , анодтау.

**M.A. Bissenova<sup>2,3\*</sup>, A.G. Umirzakov<sup>1,2</sup>, K.I. Mit<sup>2</sup>, A.L. Mereke<sup>1,2</sup>, Ch.B. Daulbaev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Satbaev University,

050032, Republic of Kazakhstan, 22a Satpayev str.

<sup>2</sup>Physical and Technical Institute,

050032, Republic of Kazakhstan, Almaty, Ibragimova str., 11

<sup>3</sup>Institute of Nuclear Physics,

050032, Republic of Kazakhstan, 3/1 Ibragimova str.

\*e-mail: m-bisenova@list.ru

## SYNTHESIS AND STUDY OF $SrTiO_3/TiO_2$ HYBRID PEROVSKITE NANOTUBES BY ELECTROCHEMICAL ANODIZATION

Layers of  $TiO_2$  nanotubes formed through an anodization process are an area of active research in the context of innovative energy conversion and storage systems. Titanium nanotubes (TNT) have attracted attention due to their unique properties, especially their high surface-to-volume ratio, making them a desirable material for various technological applications. The anodizing method is widely used for the production of TNT due to its simplicity and relative cheapness, the method allows precise control of the thickness of  $TiO_2$  nanotubes. Anodizing can also be used to create decorative and colored coatings on titanium nanotubes. In this study, a combined structure comprising anodic  $TiO_2$  nanotubes and  $SrTiO_3$  particles was created using chemical synthesis methods.  $TiO_2$  nanotubes were prepared by anodizing in ethylene glycol containing  $NH_4F$  and  $H_2O$  using a voltage of 30 volts. The anodic nanotube array, heat-treated at 450°C, was then placed in an autoclave filled with a dilute  $SrTiO_3$  solution. Scanning electron microscopy (SEM) analysis revealed that TNT are characterized by clear and open tube ends. With an average outer diameter of 1  $\mu m$  and an inner diameter of 69 nm, and their length is 133 nm.

**Key words:** Photocatalyst,  $TiO_2$ , TNT,  $SrTiO_3$ , anodization.

### Сведения об авторах

**Мадина Бисенова\*** – младший научный сотрудник, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан; e-mail: m-bisenova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>.

**Арман Умирзаков** – научный сотрудник, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан; e-mail: a.umirzakov@sci.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-0271>.

**Константин Мить** – старший научный сотрудник, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан; e-mail: konstantin-mit@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0078-6723>.

**Алмаз Мереке** – научный сотрудник, Satbaev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан; e-mail: mereke.almaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8945-9648>.

**Чингиз Даулбаев** – PhD, ведущий научный сотрудник Института ядерной физики, Алматы, Казахстан; e-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Мадина Бисенова\*** – кіші ғылыми қызметкер, Физико-техникалық институт, Алматы, Қазақстан; e-mail: m-bisenova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>.

**Арман Умирзаков** – ғылыми қызметкер, Физико-техникалық институт, Алматы, Қазақстан; e-mail: a.umirzakov@sci.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-0271>.



**Константин Мить** – аға ғылыми қызметкер, Физико-техникалық институт, Алматы, Қазақстан; e-mail: konstantin-mit@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0078-6723>.

**Алмаз Мереке** – ғылыми қызметкер, Satbaev University, Физико-техникалық институт, Алматы, Қазақстан; e-mail: mereke.almaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8945-9648>.

**Чингиз Даулбаев** – PhD, жетекші ғылыми қызметкер, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан; e-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>.

#### Information about the authors

**Madina Bissenova\*** – junior researcher, Physico-Technical Institute, Almaty, Kazakhstan; e-mail: m-bissenova@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8297-1684>.

**Arman Umirzakov** – researcher, Physico-Technical Institute, Almaty, Kazakhstan; e-mail: a.umirzakov@sci.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0941-0271>.

**Konstantin Mit** – senior researcher, Physico-Technical Institute, Almaty, Kazakhstan; e-mail: konstantin-mit@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0078-6723>.

**Almaz Mereke** – researcher, Satbaev University, Physico-Technical Institute, Almaty, Kazakhstan; e-mail: mereke.almaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8945-9648>.

**Chingiz Daulbayev** – PhD, leading researcher, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan; e-mail: chingis.daulbayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7860-7799>.

Поступила в редакцию 15.03.2024  
Поступила после доработки 05.06.2024  
Принята к публикации 06.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-53



МРНТИ 31.27.21

**А.М. Рахимжанова<sup>1</sup>, А.Е. Елубаева<sup>2</sup>, Ө.К. Аксоу<sup>3</sup>, Л.К. Кажыгелдиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20А

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
10000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2

<sup>3</sup>Памуккале университеті,  
Kınıklı Mh. Üniversite Cd. No:11 20160 Pamukkale, Denizli  
e-mail: yelubaeva.ayaulym01gmail.com

### **ALOE VERA (L.) BURM.FIL. ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа:** Көптеген жылдар бойы «ғажайып өсімдік» ретінде белгілі алоэ вера, көптеген фармацевтикалық белсенділікке ие, соның ішінде іш жүргізу, қабынуға қарсы, иммуностимуляторлық, антисептикалық, жаралар мен күйіктерді емдеу, жараға қарсы, ісікке қарсы және қант диабетіне қарсы ROS (реактивті оттегі түрлерінің) делдалы болуы мүмкін. Өсімдіктің антиоксиданттық әсерін бағалау үшін осы зерттеудің бірінші бөлігінде алоэ вера жапырақтарының целлюлоза және гель бөліктерінен бөлек дайындалған су сығындыларының антиоксиданттық белсенділігі бірнеше антиоксиданттық сынақтар арқылы бағаланды. Осы зерттеу алоэ вера жапырақтарының целлюлозасынан алынған су сығындысында аскорбин қышқылы, бета-каротин, альфа-токоферол, фенолдар және флавоноидтарды қоса алғанда, табиғи антиоксиданттық компоненттер бар екендігі анықталды.

Алоэ вера жапырақтарының целлюлозасынан алынған су сығындысы антиоксидант ретінде темір мен аскорбин қышқылынан туындаған фосфатидилхолин липосомаларының асқын тотығуын тежейді, 2,2'-азино-бис- (3-этилбензтиазолин-6-сульфоқышқылдар), 2,2-Дифенил-1-пикрилгидразил және супероксидті радикалдарды жояды, қалпына келтіру қабілетіне ие және антиоксиданттардың табиғи көзі ретінде қолданыла алады деген қорытынды жасалды. А. Vera гелі 2,2-Дифенил-1-пикрилгидразил радикалды тазарту сынағы арқылы анықталған антиоксиданттық белсенділікті көрсетпеді.

Зерттеудің екінші бөлімінде алоэ вера жапырақ целлюлозасынан бір лектин аммоний сульфатты тұндыру және сопақ буминге қосылған цианоген бромиді белсендірілген Sepharose 4B бойынша аффинді хроматографиясы арқылы бөлініп алынды. Лектиннің тазалық дәрежесін және молекулалық массасын анықтау үшін Native және SDS (натрий додецил сульфат) полиакриламидті гель электрофорезі қолданылды. PAGE полиакриламидті гель электрофорезде бір жолақ ретінде көрініп тазартылған лектиннің суббірліктерінің молекулалық салмағы SDS полиакриламидті гель электрофорезі арқылы анықталды. Нәтижесінде, лектин 2,2-Дифенил-1-пикрилгидразил радикалды тазарту сынағымен анықталғандай антиоксиданттық белсенділікті көрсетпеді.

**Түйін сөздер:** *A. vera*, жапырақ сығындысы, антиоксиданттық белсенділік, лектин, аффинді хроматография.

### Кіріспе

*A. Vera* (L.) Burm. fil. (*Aloe barbadensis* Miller) Aloaceae – әлемде 400-ге жуық алоэ тұқымдасының түрі бар. Оның бастапқы отаны Африка, Оңтүстік Арабия елдері және Мадагаскардың жауын-шашынсыз аймақтары болып табылады және ол уақыт өте келе тропиктік және субтропиктік климаттар басым болған жерлерде тарады [1]. Бұл өсімдік ксерофиттерге жатқызылған тасты топырақта өсетін шырынды өсімдік. Түркияның оңтүстік-батыс аймағында алоэ верасының жабайы түрі Рим дәуірінде жасалған мәдениеттен өседі [2]. Қылыш тәрізді жапырақтары араб тілінде «сабер» (қылыш) деп аталатын алоэ вера әдетте сары түсте гүлдейтіндіктен және жапырақтарынан хинин дәмі бар қою сары шырын болғандықтан, Түрік елінде Сарысабир деп аталады. Анадолияда ертеде сүтті шырын бөлу үшін қолданылды. Өсімдіктің тектік атауы араб тілінен аударғанда «wahre» дегенді білдіретін «аллоек» сөзінен шыққан, ал вера эпитет атауы шынайы дегенді білдіретін «вахре» сөзінен шыққан [3].

Өсімдіктің экологиялық табиғаты бойынша алоэ Африкадан шыққан және Алоэ вера туралы ең көне дереккөз 3500 жыл бұрын Египетте жазылған Эберс папирусы болып табылады. Алоэ вераны ас қорытуды, жараларды және күйіктерді емдеуде пайдаланған. Диоскоридтердің жұмысында алоин деп аталатын қосылыс тазартқыш ретінде тұтынған (сур. 1) [4].



Сурет 1 – *A. Vera* (L.) Burm. fil. (*A. barbadensis* Miller)

Алоэ вера жапырақтарында амин қышқылдары, маннандар, антрахинондар, антиоксиданттық ферменттер, витаминдер, минералдар және лектиндер сияқты биологиялық жүйелерде пайдалы рөл атқаратын көптеген химиялық заттар бар [5]. Еркін радикалдардың пайда болуына және зақымдалуына жол бермеу үшін денеде көптеген қорғаныс механизмдері жасалды. Антиоксидантты қорғаныс механизмдері; құрамында А дәрумені, Е дәрумені ( $\alpha$  токоферол), С дәрумені (аскорбин қышқылы),  $\beta$ -каротин (Провитамин А), төмендетілген глутатион (GSH), табиғи флавоноидтар және түрлі антиоксидантты ферменттер сияқты немесе ферментативті емес антиоксиданттардан тұрады [6]. Ең маңызды антиоксидантты ферменттер; супероксид анионын сутегі асқын тотығына айналдыратын супероксид дисмутаза (SOD), сутегі асқын тотығын азайтатын каталаза (CAT) және органикалық асқын тотығынан тазартатын глутатион пероксидаза (GSH-Px немесе GPx). SOD, CAT және GSH-Px-бос оттегі радикалдарынан маңызды жасушаішілік ферментативті қорғаныс жүйесі [7].

Соңғы зерттеулер бос оттегі радикалдарының жоғарылауы және липидтердің асқын тотығуы көптеген аурулардың патогенезінде рөл атқаратынын көрсетеді. Көптеген аурулар, соның ішінде миокард инфарктісі, неврологиялық аурулар, астма, қант диабеті, ревматоидты

артрит, қатерлі ісік және қартаю сияқты ревматологиялық аурулар сияқты кардиологиялық аурулар тотығу стрессімен байланысты екені көрсетілген [8]. Бұл өмір сүру жағдайларына байланысты бүкіл әлемде тез таралатын және өлім мен сырқаттанушылықтың жоғары қаупін тудыратын ауру [9,10].

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу объектісі: *A. vera* (L.) әр түрлі мақсаттарға сәйкес жүргізілген зерттеулер барысында өсімдіктің түбінен пышақпен үлкен шырынды жапырақтардың қажетті мөлшері кесіліп, содан кейін антрахинонмен қаныққан сары түс ағып кету үшін тік стаканға орналастырылды. Содан кейін жапырақтары тазартылған сумен жуылады да, сүзгі қағазымен кептіріледі. Біздің жұмысымызда гельдің тазартылған жапырақтары (целлюлоза) және гельдің ішкі бөліктері қолданылды. Осы зерттеу барысында алоэ вера сығындысы 50 г жапырақ целлюлозасынан дайындалды және 0,0264 г/г жапырақ целлюлозасынан алынатын зат мөлшері алынды.

*A. vera* жапырағынан целлюлоза және гель сығындыларын дайындау – *A. vera* жапырағын жуып, пышақпен ұзынынан екіге бөледі. Көлденең жапырақтың үстіңгі қабығын пышақпен гельді екіге бөлгендей ұзынынан, сосын шетіне көлденеңінен кеседі. Гельді қасықтың көмегімен паренхима тінінен бөледі. Гельден тазартылған жапырақ бөліктері (целлюлоза) қайшымен ұсақ кесектерге кесіліп, алынған сулы сығындыны 250 мл тазартылған суда 1 сағат қайнатып, дәке арқылы сүзу арқылы төмен қысымдағы айналмалы буландырғышта концентрациялады. Блендердің 2-ші сатысында 2 минут бойы ұсақталғаннан кейін гель лиофилизацияланды. Алынған гель (5,05 г) және сығынды (1,32 г) -20°C температурада сақталды. Алоэ вера жапырағының целлюлозасынан лектин алу - 8 алоэ вера жапырағының гельсіз жапырақ бөлігі (499,96 г) (жалпы салмағы 2168,9 г, жапырақтың орташа салмағы 271,1 г) қайшымен кішкене бөліктерге кесіліп, блендермен 800 мл PBS-де гомогенизацияланған. Гомогенат магнитті араластырғышпен салқын шкафта 30 минут бойы араласып, түні бойы тоңазытқышта ұсталды. Гомогенат келесі күні дәке (450 мл) арқылы сүзілгеннен кейін 30 минут бойы 6 000 айн/мин 4°C температурада центрифугаланды. Тұнба тасталды және жоғарғы мөлдір сары түсті сұйықтық (430 мл) алоэ вера жапырағы целлюлоза шикі сығындысы деп аталды.

**Өсімдік экстрактын дайындау әдісі.** Жиналған өсімдіктер зертханалық ортада көлеңкеде кептірілгеннен кейін, жер асты және үстіңгі бөліктері блендермен ұнтақталып, содан кейін су ваннасында 6 сағат бойы этанол, ацетон және дистильденген су еріткіштерін қолдана отырып, 55°C температурада ұстаймыз (Memmert, SV 1422). Эксперимент екі рет қайталанды. Экстракциядан кейін сұйық бөлігі арнайы қағазбен сүзілген. Алынған экстракттардың еріткіштерінен бөліп алу үшін 45-50°C температурада айналмалы бу шығарғыштан өткіземіз (IKA RV 10D) этанол немесе ацетон сияқты еріткіштерден айырып алған соң олардың құрылымындағы су лизофилизаторда (Labconco FreeZone) мұздату арқылы ұшырылады (Mammadov 2009). Алынған экстракттар зерттеулерде қолданылатын және -20°C-де сақталатын қараңғы шыны бөтелкелерге алынды.

### **ABTS бос радикалдарын жою әдісі.**

*A. Vera* сығындысының радикалдарды жою белсенділігі Shalaby және Shanab процедурасына сәйкес аздаған өзгерістермен анықталды [13]. ABTS (7 мм) және калий персульфаты (2,45 мм) ерітінділері араластырылып, қолданар алдында 12-16 сағат бойы қараңғы бөлмеде сақталды. Тәжірибе бастамас бұрын ABTS ерітіндісі этанолмен 734 нм-де  $0,700 \pm 0,05$  сіңірілгенге дейін сұйылтылды. Әр түрлі концентрацияларға (50-250 мг/мл) экстракттарға (1 мг/мл) 4,5 мл ABTS реакция қоспасын қосқаннан кейін реакция қоспасы араластырылды. Бөлме температурасында 15 минут ұстағаннан кейін 734 нм-де үлгілердің сіңуі өлшенді. Оң бақылау ретінде аскорбин қышқылы қолданылды. ABTS бос радикалды жою әдісі келесі формула бойынша есептелді:

$$\text{ABTS радикалды жою (\%)} = ((A \text{ бақылау} - A \text{ үлгі}) / (\text{бақылау})) \times 100$$

### **DPPH бос радикалдарды жою белсенділігі**

*A. vera* сығындысының DPPH радикалды сіңіру белсенділігі Meriga және т.б. сипаттағандай DPPH әдісі арқылы шағын өзгертулермен зерттелді [12]. Әр түрлі концентрациядағы 1 мл экстракт (0,05-0,25 мг/мл) 4 мл DPPH метанол ерітіндісімен араластырылды. 30 минуттан кейін әр экстракт сіңуінің төмендеуі 517 нм-де өлшенді. Реакция

қоспасының төмен сіңуі бос радикалдарды жою белсенділігінің жоғарылауын көрсетеді. Оң бақылау ретінде БГТ – бутилденген гидрокситолуол қолданылды. Бос радикалды жою әдісі келесі теңдеуді қолдана отырып есептеледі:

$$AA = ((A_{\text{Бақылау}} - A_{\text{Үлгі}}) / (A_{\text{Бақылау}})) \times 100$$

#### **Жалпы антиоксиданттық белсенділікті анықтау $\beta$ -каротин/линол қышқылы әдісі.**

Экстракттардың антиоксиданттық белсенділігі  $\beta$ -каротин – линол қышқылы әдісін қолдану арқылы жасалды [14]. 1 мл хлороформдағы 0,2 мг  $\beta$ -каротин 20 мкл линол қышқылына және 200 мг 20 эмульгаторлық қоспасына қосылды. Содан кейін қоспаны хлороформды кетіру үшін айналмалы буландырғышпен 40°C температурасында 10 минут бойы буландырды. Бақылау үшін экстракт орнына түтіктерге 0,2 мл еріткіш (этанол, ацетон және су) қойылды. Пробиркаларға эмульсия қосылғаннан кейін бастапқы сіңіру спектрофотометрмен 470 нм өлшенді. Өлшеу 2 сағат ішінде 30 мин аралықпен жүргізілді. Стандарт немесе оң бақылау ретінде ВНТ (бутилденген гидрокситолуол) алынды. Өлшемдер төмендегі теңдеуді қолдана отырып жүргізілді:

$$AA = [1 - (A_0 - A_t) / (A_0^0 - A_t^0)] \times 100$$

Мұндағы, AA – жалпы антиоксиданттық белсенділік,  $A_0$  – үлгінің алғашқы сіңіру уақыты,  $A_t$  – бақылаудың алғашқы сіңу уақыты,  $A_0^0$  үлгіні 120 минуттан кейін сіңуі,  $A_t^0$  бақылаудың 120 минуттан кейін сіңуі.

Фенолдар мен флавоноидтардың жалпы құрамын анықтау. Экстракттардағы фенолдардың жалпы құрамы Folin-Ciocalteu реагентінің көмегімен Slinkard and Singleton әдісімен анықталды [15]. Қысқаша айтқанда, 0,75 мл Folin- Ciocalteu реагенті және 100 мл үлгі (5 мг/мл) пробиркаға араластырылады. Қоспа бөлме температурасында 5 минут ұсталды. Қоспаға 3 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  қосылды, содан кейін ақырын араластырылды. Қоспа гомогенизацияланған және бөлме температурасында 120 минут ұсталған. Полифенолдардың жалпы құрамы 760 нм спектрофотометрдің көмегімен анықталды. Стандартты калибрлеу қисығы (0,01-0,05 мг/мл) галл қышқылының көмегімен салынған. Фенолдардың жалпы құрамы өсімдік экстрактысының мг/мл құрамындағы галл қышқылының (GAE) эквиваленттерінде көрсетілген.

Флавоноидтардың жалпы мазмұны бейімделген Dowd, Arvouet-Grand және басқа авторлар әдісі арқылы анықталды [16]. Әрбір экстракт үшін 1 мл метанол ерітіндісі (100 мкг мЛ-1) 1 мл алюминий трихлоридімен ( $\text{AlCl}_3$ ) араластырылды. Сіңіру көрсеткіші 1 мл метанолда өсімдік экстрактын және 1 мл  $\text{AlCl}_3$  араластырып, 10 минуттан кейін 415 нм -де оқылды. Флавоноидтардың жалпы құрамы кверцетинді стандарт ретінде қолдана отырып, стандартты қисық сызықпен анықталды. Үш көрсеткіштің орташа мәнін қолданды және 100 мг экстрактқа немесе фракцияға (мгке/г) кверцетин (QE) эквиваленттерінің мг-да көрсетілді.

Қолданылатын материалдар: гомогенизация кезіндегі алоэ вера жапырағын ұсақтағыш (Waring), центрифугалау кезінде салқындатқыш центрифугасы бар үстел (Heraeus-Megafuge 1.0R), айналмалы буландырғыш (Buchi Rotavapor R-200A), антиоксиданттық белсенділікті анықтау процесіне арналған су моншасы (Thermomix BU және Grant SB2), аффинділік хроматография процесінде элюаттарды жинауға арналған фракциялық агрегаторлар (Гилсон FS 204), спектрофотометр (Shimadzu UV-1208), рН өлшегіш (Радиометр 92). Қолданылатын химиялық заттар: флавоноидтарды анықтауға арналған натрий нитриті стандарты ( $\text{NaNO}_2$ ; Merck 106544), алюминий хлориді ( $\text{AlCl}_3$ ; Merck 101083), натрий гидроксиді ( $\text{NaOH}$ ; Merck), катехин және n-гексан (Sigma 248878), m-фосфор қышқылын ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; Merck100546) және 2,6-дихлорофенол-индофенол-натрийді (DCIP; Merck 103028) таңдауға арналған аскорбин қышқылы.

#### **Зерттеу нәтижелері және талдау**

A. vera жапырақтарының целлюлозасында аскорбин қышқылы (жапырақ целлюлозасының  $0,422 \pm 0,029$  мг/г),  $\beta$ -каротин (жапырақ целлюлозасының  $15,51 \pm 2,39$  мкг/г),  $\alpha$ -токоферол (жапырақ целлюлозасының  $1,47 \pm 0,11$  мкг/г), фенол (жапырақ целлюлозасының  $0,241 \pm 0,014$  мг/г) және флавоноидтар (жапырақ целлюлозасының  $0,245 \pm 0,005$ /мг) сияқты қосылыстар анықталды. (Липидтердің асқын тотығуын тежеу пайызы, концентрацияға байланысты алоэ вера сулы сығындысының TEAC және FRAP мәндері 1 кестеде,  $\alpha$ -токоферол 3 кестеде және аскорбин қышқылы көрсетілген. Концентрацияға байланысты алоэ

вера сығындысы мен стандарттарының антиоксиданттық белсенділігі жоғарылағаны байқалды.

Бұл зерттеуде 50 г жапырақ целлюлозасынан *A. vera* сығындысы дайындалды және экстракцияланатын 0,0264 г/г жапырақ целлюлозасы алынды.

*A. vera* жапырағының целлюлозасында аскорбин қышқылы (0,422 ± 0,029 мг/г жапырақ целлюлозасы), β-каротин (15,51 ± 2,39 мкг/г жапырақ целлюлозасы), α-токоферол (1,47 ± 0,11 мкг/г жапырақ целлюлозасы), фенолдық (0,241 ± 0,014 мг/г жапырақ целлюлозасы) және флавоноидтық (0,245 ± 0,005мг/г жапырақ целлюлозасы) сияқты қосылыстары анықталды (1-кесте).

*A. vera* сығындысының фенол мөлшері мен флавоноидты қосылыстар арасында жоғары корреляция ( $r^2= 0,9939$ ) байқалды.

Липидтердің асқын тотығуын тежеу пайызы, концентрацияға байланысты алоэ вера сулы сығындысының TEAC және FRAP мәндері 2-кестеде, α-токоферол 3-кестеде және аскорбин қышқылы 4-кестеде көрсетілген. Нәтижелерде концентрацияға байланысты алоэ вера сығындысы мен стандарттарының антиоксиданттық белсенділігі жоғарылағаны байқалды.

Кесте 1 – *A. vera* жапырағы целлюлозасынан алынған сулы сығындысындағы біріккен қосылыстардың жалпы мөлшері

Сығынды	ЕС g / g жапырақты целлюлозасы	Аскорбин қышқылы мг/г жапырақ целлюлозасы	β-каротин мкг/г жапырақ целлюлозасы	α-токоферол мкг/г жапырақ целлюлозасы	Фенол GAE / г жапырақты целлюлозасы	Флавоноид мг KE/г жапырақ целлюлозасы
<i>A. vera</i> сығындысы	0,0264	0,422 ± 0,029	15,51 ± 2,39	1,47 ± 0,11	0,241 ± 0,014	0,245 ± 0,005

\*(GAE) галл қышқылының эквивалентінде

Кесте 2 – *A. vera* жапырағы целлюлозасынан концентрациясына байланысты алынған сулы сығындысындағы қасиеттерінің мөлшері

Стандарт	Концентрация мг/мл	ABTS тазарту белсенділігі (%)	DPPH тазартқыш белсенділігі (%)	Супероксидті радикалды тазарту белсенділігі (%)	TEAC (мМ/л)	FRAP тежелуі (мМ/л)
<i>A. vera</i> сығындысы	80	78,65 ± 0,34	71,84 ± 1,13	62,92 ± 1,23	1,67 ± 0,010	1,26 ± 0,014
	60	78,22 ± 0,85	70,81 ± 0,27	62,92 ± 1,23	1,66 ± 0,017	1,02 ± 0,003
	40	67,34 ± 1,45	62,64 ± 1,14	62,92 ± 1,23	1,42 ± 0,028	0,79 ± 0,017
	20	45,27 ± 1,48	36,08 ± 2,08	62,92 ± 1,23	0,94 ± 0,034	0,55 ± 0,017
	10	23,59 ± 0,81	19,60 ± 1,88	62,92 ± 1,23	0,47 ± 0,017	0,44 ± 0,006
	5	12,67 ± 0,96	6,47 ± 0,84	62,72 ± 2,06	0,22 ± 0,020	0,32 ± 0,003

Кесте 3 – α-токоферолдың концентрациясына байланысты радикалдарды жою белсенділігі

Экстракт	Концентрация мг/мл	ABTS тазарту белсенділігі (%)	DPPH тазартқыш белсенділігі (%)	TEAC (мМ/л)	FRAP тежелуі (мМ/л)
α-токоферол	1,0	99,41 ± 0,45	88,89 ± 1,19	2,12 ± 0,010	1,81 ± 0,012
	0,5	51,36 ± 2,12	88,31 ± 1,88	1,07 ± 0,073	1,34 ± 0,130
	0,25	35,22 ± 1,19	62,57 ± 3,80	0,72 ± 0,028	0,88 ± 0,013
	0,125	17,29 ± 0,43	32,47 ± 2,97	0,33 ± 0,010	0,66 ± 0,098

Кесте 4 – Аскорбин қышқылының концентрациясына байланысты радикалдарды жою белсенділігі

Экстракт	Концентрация мг/мл	ABTS тазарту белсенділігі (%)	DPPH тазартқыш белсенділігі (%)	TEAC (мМ/л)	FRAP тежелуі (мМ/л)
Аскорбин қышқылы	0,5	98,03 ± 0,64	96,47 ± 0,36	2,09 ± 0,011	1,84 ± 0,011
	0,25	56,22 ± 1,08	96,01 ± 0,37	1,18 ± 0,023	1,02 ± 0,038
	0,125	29,70 ± 0,69	88,73 ± 1,09	0,60 ± 0,015	0,60 ± 0,014
	0,0625	14,86 ± 0,78	70,45 ± 2,76	0,27 ± 0,015	0,40 ± 0,011

### Тролокс антиоксиданттық қабілетін зерттеу (TEAC эксперименті)

Бұл зерттеуде *A. vera* сулы сығындысының ABTS бос радикалдарды жою қабілеті анықталды. 60 мг/мл концентрациясында *A. vera* жапырағы целлюлозасының сулы сығындысында ( $78,22 \pm 0,85\%$ ), 0,5 мг/мл аскорбин қышқылы ( $98,03 \pm 0,64\%$ ) және 1 мг/мл  $\alpha$ -токоферолдің ( $99,41 \pm 0,45\%$ ) белсенділігімен салыстырғанда ( $p < 0,05$ ) ABTS белсенділігі төмен болды. Сығындының жалпы антиоксиданттық қасиеті TEAC мәні ретінде бағаланды. 1 TEAC 1 мМ/Л тролокста анализ жасалған сығынды немесе стандарт концентрациясы ретінде көрсетілді. TEAC мәні антиоксиданттық белсенділіктің сандық анықтамасы болғандықтан TEAC мәні жоғары антиоксиданттық қасиет көрсетті. Аскорбин қышқылы 0,5 мг/мл ( $2,09 \pm 0,011$  мМ/Л) және  $\alpha$ -токоферол 1 мг/мл ( $2,12 \pm 0,010$  мМ/Л) жоғары TEAC мән көрсетсе, *A. vera* сулы сығындысы 60 мг/мл-де ( $1,66 \pm 0,017$  мМ/Л немесе  $1,21 \pm 0,020$  мМ/г жапырақ целлюлозасы) салыстырмалы түрде төмен ( $p < 0,05$ ) көрсеткіш көрсетті.

DPPH бос радикалдарды жою белсенділігі бйынша нәтижелерді талдай келе *A. vera* жапырағы целлюлозасының сулы сығындысының жоғары концентрациясында сутегінің атомын беруші қызметін атқаратыны байқалды. 60 мг/мл концентрациясында *A. Vera* жапырағы целлюлозаның сулы сығындысынан ( $70,81 \pm 0,27\%$ ), аскорбин қышқылынан 0,25 мг/мл ( $96,01\% \pm 0,37$ ) және  $\alpha$ -токоферол 0,5 мг/мл-де ( $88,31 \pm 1,81\%$ ) нәтижелері DPPH бос радикалдарды жою белсенділігіне қарағанда төмен ( $p < 0,05$ ) көрсетті.

Ферри-Ионды төмендететін антиоксиданттық белсенділік (FRAP эксперименті) нәтижелері бойынша *A. vera* сулы сығындысының тотықсыздандырғыш күші FRAP мәні ретінде көрсетілді.

Жоғары FRAP мәні жоғары төмендету қуатының көрсеткіші болып табылады. 60 мг/мл концентрацияда *A. vera* сулы сығындысы ( $1,02 \pm 0,003$  мМ/Л  $Fe^{2+}$  немесе  $1,14 \pm 0,041$  мМ/г жапырақ целлюлозасы  $Fe^{2+}$ ), аскорбин қышқылы 0,5 мг/мл концентрациясында ( $1,84 \pm 0,011$  мМ/Л  $Fe^{2+}$ ) және  $\alpha$ -токоферол 1 мг/мл концентрациясында ( $1,81 \pm 0,012$  мМ/Л  $Fe^{2+}$ ) азайту белсенділігіне қарағанда төмен екендігі анықталды ( $p < 0,05$ ).

*A. vera* сығындысының тотықсыздандырғыш күші мен антиоксиданттық белсенділігі ( $r^2=0,9955$ ), DPPH ( $r^2=0,9857$ ) ЖӘНЕ ABTS ( $r^2=0,9916$ ) сынды әрекеттер арасында жоғары корреляцияны табу арқылы сығындының антиоксиданттық белсенділігі, бос радикалдарды жою қабілеті және одан да жоғары қасиеттерді көрсетуі мүмкін деп есептелді.

### Қорытынды

Бұл зерттеуде *Aloe vera* (L.) Burm. fil өсімдіктің жапырақ целлюлозасы мен гелінің сулы сығындыларының антиоксиданттық белсенділігі антиоксидантты тәжірибе көмегімен зерттелді. *A. vera* жапырағының целлюлоза сығындысы эталондық заттарға қарағанда антиоксидантты белсенділігі төмен екенін анықтады. *A. vera* жапырақты гелімен жүргізілетін DPPH радикалды тазарту белсенділігі тәжірибеде гель антиоксиданттық қасиеттер көрсетпейтіні анықталды.

Осы зерттеу нәтижесінде *A. vera* жапырағы целлюлозасының су сығындысынан тұз және аффин хроматографиясын тұндыру әдісімен алынған лектинді тазарту үшін хроматографияның жаңа әдісі жасалды, ал лектин полиакриламидті гель электрофорезінде бір жолаққа дейін 60 рет тазартылды. *A. vera* DPPH лектині радикалды белсенділікті көрсетпейтіні анықталды және алоэ верасының антиоксиданттық қасиеті фенол қосылыстары мен антиоксидантты дәрумендерден асып түседі деп болжанады.

### Әдебиеттер тізімі

1. Grindlay D. The Aloe vera phenomenon: a review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel / D. Grindlay, T. ve Reynolds // Journal of Ethnopharmacology. – 1986. – Vol. 16. – P. 117-151. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90085-1](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90085-1).
2. Baytop T. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün) / T. Baytop // SPb.: İstanbul. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1984. – 371 p.
3. Aloe vera Inner Leaf Juice. In R. Upton (Ed.). American Herbal Pharmacopoeia. – 2012. – P. 1-19.
4. Pharmacie Pratique. (17th ed.). – SPb.: Paris : Vigot Frères éditeurs, 1928. – P. 383-386.

5. Ni Y. Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp / Y. Ni, D. Turner, K.M. Yates, I. Tizard // International Immunopharmacology. – 2004. – Vol. 4. – P. 1745-1755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2004.07.006>.
6. Chaudière J. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanism / J. Chaudière, R. Ferrari-Iliou // Food and Chemical Toxicology. – 1999. – Vol. 37. – P. 949-962. DOI: [https://10.1016/s0278-6915\(99\)00090-3](https://10.1016/s0278-6915(99)00090-3).
7. The antioxidant action of N-acetylcysteine: its reaction with hydrogen peroxide, hydroxyl radical, superoxide, and hypochlorous acid / O.I. Aruoma et al // Free Radical Biology and Medicine. – 1989. – Vol. 6. – P. 593-597. DOI: [https://10.1016/0891-5849\(89\)90066-x](https://10.1016/0891-5849(89)90066-x).
8. Matés J.M. Antioxidant enzymes and human diseases / J.M. Matés, C. Pérez-Gómez, I. Núñez de Castro // Clinical Biochemistry. – 1999. – Vol. 32. – P. 595-603. DOI: [https://10.1016/s0009-9120\(99\)00075-2](https://10.1016/s0009-9120(99)00075-2).
9. King H. Global burden of diabetes. 1995 – 2025 / H. King, R.E. Aubert ve W.H. Herman // Diabetes Care. – 1998. – Vol. 21. – P. 1415-1431. DOI: <https://10.2337/diacare.21.9.1414>.
10. Abou-Seif M.A. Evaluation of some biochemical changes in diabetic patients / M.A. Abou-Seif ve A. Youssef // Clinica Chimica Acta. – 2004. – Vol. 347. – P. 161-170. DOI: <https://10.1016/j.cccn.2004.03.030>.

**А.М. Рахимжанова<sup>1</sup>, А.Е. Елубаева<sup>2</sup>, Ө.К. Аксой<sup>3</sup>, Л.К. Кажыгельдиева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима г. Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20А

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Н. Гумилева,  
10000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2

<sup>3</sup>Университет Памуккале,  
Kınıklı Mh. Üniversite Cd. No:11 20160 Pamukkale, Denizli  
e-mail: yelubaeva.ayaulym01gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТА ALOE VERA (L.) BURM. FIL.

*За долгие годы прозванный в народе «чудо – растением» алоэ вера, свойства которого такие как слабительное, против одышки, иммуностимулирующее, антисептическое, лечащее раны и ожоги, противораковое, противоопухолевое и противодиабетическое научно доказаны. Эти свойства алоэ связаны с его антиоксидантной способностью. В первой части данного труда для оценки антиоксидантной способности алоэ вера были исследованы через различные антиоксидантные тесты листовая целлюлоза и влажные выжимки из частей геля. В листовой массе были обнаружены соединения фенолов и флавоноидов с иной антиоксидантной активностью, кроме аскорбиновой кислоты, бета-каротина и альфа –токоферола.*

*Изготовленный из листовой целлюлозы алоэ-вера водный раствор идуцированный железной и аскорбиновой кислотами тормозя сверхржавление фосфатидилхолиновых липосом, исключив в виде потенциальных антиоксидантов ABTS, DPPH и радикалы супероксида, привел к заключению о возможности снижения мощности и использования его как источника природного антиоксиданта. С другой стороны, водная выжимка листового геля алоэ вера при оценивании её очищающих свойств в отношении DPPH радикала привела к выводу об отсутствии антиоксидантных свойств.*

*Во второй части исследования было проведено очищение лектина листовой целлюлозы алоэ вера с помощью с сульфатом аммония и продолговато связанным бромидом цианогена, активированным Sepharose 4В схожей хроматографии. Для определения молекулярного веса лектина и определения степени очищения белка был применён природный и натрий додецилсульфат полиакриломидный гелевый электрофорез. В природном полиакриломидном гелевом электрофорезе через натрий додецилсульфат полиакриломидный гелевый электрофорез был определен в разовом виде субординированный молекулярный вес продвинутого лектина. В результате пришли к заключению о том, что очищающая активность DPPH радикала этого лектина не показывает его антиоксидантного свойства.*

**Ключевые слова:** Алоэ вера, листовая выжимка, антиоксидантная активность, лектин, аффинная хроматография.

**A.M. Rakhimzhanova<sup>1</sup>, A.E. Yelubaeva<sup>2</sup>, Ö.K. Aksoy<sup>3</sup>, L.K. Kazhygeldieva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A

<sup>2</sup>Eurasian National University named after N. Gumilyov,

10000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev str., 2

<sup>3</sup>Pamukkale University,

Kınıklı Mh. Üniversite Cd. No:11 20160 Pamukkale, Denizli

e-mail: yelubaeva.ayaulym01gmail.com

## **RESEARCH OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF EXTRACTS ALOE VERA (L.) BURM. FIL.**

*Known for many years as miraculous plant, Aloe possesses many pharmaceutical activities, including laxative, antiinflammatory, immunostimulant, antiseptic, wound and burn healing, antiulcer, antitumor, and antidiabetic in which the mediation of the ROS levels could be involved. In order to evaluate the antioxidant potential of the plant, in the first part of this study, the antioxidant activities of the water extracts prepared separately from the pulp and gel parts of the plant leaves, were evaluated by using several antioxidant tests. The present study demonstrated that the water extract from Aloe leaves pulp contained naturally occurring antioxidant components, including ascorbic acid, beta-carotene, alpha-tocopherol, phenols and flavonoids. It was concluded that Aloe leaf pulp aqueous extract exhibited an inhibitory capacity against phosphatidylcholine liposome peroxidation, induced with iron and ascorbic acid, scavenged ABTS, DPPH and superoxide radicals and acted as reductant and thus can be used as natural antioxidant source in contrast, Aloe vera gel did not show any antioxidant activity as determined by DPPH radical scavenging test. In the second part of the study, a single lectin from the leaf pulp of Aloe vera was isolated by ammonium sulphate precipitation and affinity chromatography on cyanogen bromide activated Sepharose 4B coupled to ovalbumin. Native and SDS polyacrylamide gel electrophoresis were used to determine the degree of purity of the lectin and the apparent molecular weight. The molecular weight of the subunits of the purified lectin, migrating as one band in native PAGE was determined by SDS polyacrylamide gel electrophoresis. The lectin did not show any antioxidant activity as determined by the DPPH radical scavenging test.*

**Key words:** Aloe vera, leaf pulp, antioxidant activity, lectin, affinity chromatography.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ақгүль Махметхановна Рахимжанова** – PhD, Шәкәрім атындағы Семей мемлекеттік университетінің жаратылыстану ғылыми пәндер кафедрасының профессоры, Семей, Қазақстан; e-mail: akgul.r.m@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9939-2267>.

**Аяулым Елубаева\*** – Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің жалпы биология және геномика кафедрасының 1 курс магистранты, Астана, Қазақстан.

**Ö.K Aksoy** – Памуккале университеті, ғылым және өнер факультеті, биология кафедрасы, Денизли, Түркия.

**Лаура Карлқызы Қажыгелдиева** – педагогика ғылымдарының магистрі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің жаратылыстану-ғылыми пәндер кафедрасының оқытушысы, Семей, Қазақстан.

### **Information about the authors**

**Aigul Makhmetkhanovna Rakhimzhanova** – PhD, associate professor at the Department of Natural Science in the Shakarim State University of Semey, Semey, Kazakhstan; e-mail: akgul.r.m@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9939-2267>.

**Ayaulum Yelubayeva\*** – Master of the Department of General Biology and Genomics in the L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

**Ö.K Aksoy** – Department of Biology, Pamukkale University, Faculty of Science and Arts, Denizli, Turkey.

**Laura Kazhygeldiyeva** – master of pedagogical sciences, lecturer at the Department of Natural science disciplines of Shakarim University of Semey, Kazakhstan

### **Сведения об авторах**

**Ақгүль Махметхановна Рахимжанова** – PhD, профессор кафедры естественно-научных дисциплин Университета имени Шакарима, г. Семей, Казахстан; e-mail: akgul.r.m@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9939-2267>.

**Аяулым Елубаева\*** – магистрант 1 курса кафедры общей биологии и геномики Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан.



Ö.K. Aksoy – университет Памуккале, факультет науки и искусств, факультет биологии, Денизли, Турция.

Лаура Кажыгелдиева – магистр педагогических наук, преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин университета имени Шакарима города Семей, Казахстан.

Редакцияға енуі 02.02.2024  
Өңдеуден кейін түсуі 05.04.2024  
Жариялауға қабылданды 26.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-54



MPHTI: 67.09.91

С.С. Алдабергенова<sup>1</sup>, Ж.Т. Ибраева<sup>1</sup>, Р.К. Ниязбекова<sup>1</sup>, М.М. Какимов<sup>2</sup>, А.С. Майконов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Казахстанский институт стандартизации и метрологии,  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Мангилик Ел, 11

<sup>2</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им.С. Сейфуллина,  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

<sup>3</sup>Казахстаско-Британский технический университет,  
050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе Би, 59

\*e-mail: zhanna.83-01@list.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВОВ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация:** В данной статье приведены исследования в области хранения и накопления золошлаковых отходов угольных электростанций в Республике Казахстан. Рассматриваются аспекты переработки, а также варианты утилизации золошлаковых отходов. Описан гранулометрический и химический состав, где выявлены результаты исследования сырого вещества. Грануляционный анализ состава показывает, что 60% частиц имеют размеры в пределах 10-70 мкм. Так же определены коэффициенты кислотности (Ph) и основности отходов угольных электростанций, а также установлен класс материала. В статье описана новая технология производства композиционных материалов с применением золошлаковых отходов. Определена зависимость добавления золошлаковых отходов в состав цементных смесей при производстве композиционных материалов. Установлены оптимальные параметры обжига муфельной печи в зависимости от изменения температуры. Изучены физико-механические свойства полученных материалов, а также такие показатели как: теплопроводность, прочность на сжатие. По результатам исследований получены новые методы переработки золошлаковых отходов. Для снижения антропогенного воздействия на окружающую среду было проведено комплексное исследование золошлаковых отходов, нуждающихся в переработке. В исследованиях были выявлены признаки в основном шве: кислотные и основные коэффициенты, силикатные коэффициенты и коэффициенты качества, основная задача, которых дальнейшее изучение физико-химических закономерностей отходов при разных видах термической обработки и дальнейшее использование золошлаковых отходов в промышленности. При этом учитываются, что кислая зола характеризуется нестабильным химическим составом и не имеет вяжущих свойств, однако при добавлении ускорителей становится вязкой, что улучшает качественные показатели.

**Ключевые слова:** золошлаки, химический и гранулометрический состав, радионуклидная радиоактивность, композиционные материалы, предел прочности.

### Введение

По данным Всемирной угольной ассоциации, за последние два столетия на долю угольной промышленности приходилось около 38% мирового производства электроэнергии, а 13% всего добываемого угля используется в черной металлургии [1,4,6]. Развитие этой отрасли характеризуется стабильностью по сравнению, например, с нефтяной промышленностью. Среди них большая доступность разведанных ресурсов и постоянная стабильность спроса со стороны энергетической и металлургической отраслей. Из всех регионов наибольшее количество угля добывается и потребляется в Азиатско-Тихоокеанском

регионе. Угольный рынок здесь активно развивается благодаря относительной дешевизне угля. Спрос на рядовой уголь на мировом рынке значительно увеличился в связи с ростом его потребления энергетикой Китая. Кроме того, рост потребления угля в странах Азиатско-Тихоокеанского региона подкрепляется постоянно снижающимся весом угля в европейских странах, которые все больше ориентируются на природный газ и возобновляемые источники энергии [2,9]. Так, например, согласно статистическим данным, Китай имеет больше угольных электростанций, чем любая другая страна мира: по состоянию на июль 2022 года в Китае насчитывалось 1118 угольных электростанций, что почти в четыре раза больше, чем у второй по величине страны – Индии. На долю Китая приходится более 50% мировой выработки электроэнергии на угле [3]. Уголь является одним из важнейших видов топлива и в Республике Казахстан, что связано с огромными запасами и низкой себестоимостью добычи. По подтвержденным запасам угля Республика Казахстан занимает восьмое место в мире, содержит 3,4% мировых запасов под землей и входит в десятку крупнейших производителей угля на мировом рынке. Распределение прогнозных ресурсов угля по регионам Республики Казахстан неравномерно, основная их часть сосредоточена в северных и центральных областях.

По данным Министерства энергетики Республики Казахстан, основным потребителем угля в Казахстане является энергетический сектор. Следует учесть, что в стране имеется порядка 100 тепловых электростанций, из которых 30% работают на угле и вырабатывают электроэнергию путем сжигания угля. Такие тепловые электростанции составляют 70% от всего энергетического баланса Казахстана. Сжигание угля концентрируется в неметаллы, поэтому угольная зола содержит гораздо более высокие концентрации токсичных загрязняющих веществ и металлов на единицу объема, чем в не переработанном состоянии. Негативным аспектом этого процесса является образование летучей и донной золы, которые являются побочными продуктами сжигания угля, угольная зола наносит огромный экологический ущерб окружающей среде. Когда угольную золу сбрасывают или оставляют высыхать, она поднимается в воздух. После выброса в воздух "летучая" пыль от угольной золы может мигрировать за пределы площадки. В результате рабочие и жители близлежащих районов подвергаются воздействию большого количества крупных (PM10) и мелких (PM2.5) твердых частиц, которые могут вызывать различные заболевания, включая респираторные, онкологические и сердечно-сосудистые [4,9]. Оценка рисков, проведенная Агентством по охране окружающей среды США, также показала, что пик загрязнения от золоотвалов наступает спустя длительное время после сброса отходов. Например, пик загрязнения от золоотвалов прогнозируется через 78-105 лет после начала эксплуатации золоотвала [5,8]. Отвалы угольной золы, построенные и эксплуатируемые не в соответствии с передовыми стандартами, представляют собой значительный риск загрязнения грунтовых и поверхностных вод, а также воздуха на прилегающей территории. Загрязняющие вещества из угольной золы могут просачиваться со дна золоотвала в грунтовые воды, стекать в реки, озера и другие поверхностные воды, высыхать и распространяться на населенные пункты. Таким образом, старые золоотвалы по-прежнему представляют собой весьма значительную экологическую опасность, даже если они больше не принимают новые отходы. Например, исследование агентства по охране окружающей среды США показало, что пребывание рядом с грязным пеплом увеличивает риск повреждения печени, почек, легких и других органов, поскольку концентрация токсинов находится на значительно более высоком уровне. В этой связи необходимо как можно скорее решить проблему золоотвалов в Казахстане. Кроме того, по данным комиссии Республики Казахстан по классификации отходов, данный вид отходов относится к «зеленому» списку и относится к категории безвредных, поэтому его использование ограничено [5,6].

Таким образом, данная статья посвящена изучению золошлаковых отходов на примере Экибастузской теплоэлектростанции с изучением физико-химических свойств золы шлаковых отходов, с целью возможности их применения как вторичный ресурс для снижения антропогенного влияния на окружающую среду.

## Материалы и методы исследования

Проводился анализ золошлаковых отходов Экибастузских ТЭЦ, отбор проб производился с учетом погодных условий, времени года и сроков накопления. Химический состав золы анализировали при отборе более 70 проб, где определено, что состав золошлаковых отходов включает 98-99% основных золообразующих макроэлементов, таких как Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na, остальные элементы составляют всего 01%. В шлаке, после сгорания угля концентрируются такие вещества, как Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb и др. При нагревании образцов выше 1000 °С в муфельных печах те элементы, что составляют менее 0,1% улетучиваются из зоны высоких температур и оседают в циклонах и электрофильтрах при температуре 110-120 °С. Следует отметить, что такие показатели как температура горения, соотношение воздух/топливо и размеры частиц угля сильно варьируют в зависимости от марки, класса угля, выше приведенный химический состав выявлен в Экибастузских ТЭЦ с учетом применяемого угля (табл. 1).

Таблица 1 – Среднее значение физико-химического содержания пробы золы из золоотвала Экибастузских ТЭЦ, %

№ п/п	Элемент	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
1	Al	17,346	19,608	20,932
2	Si	40,919	52,327	56,737
3	P	0,610	0,717	0,680
4	S	0,199	0,079	0,298
5	Cl	0,126	0,172	0,136
6	K	1,629	2,207	1,597
7	Ca	9,926	3,350	3,844
8	Ti	2,847	3,170	2,718
9	V	0,059	0,060	0,057
10	Mn	0,405	0,303	0,370
11	Fe	24,916	16,999	11,656
12	Ni	0,001	0,002	0,002
13	Zn	0,018	0,032	0,021
14	Ga	0,013	0,014	0,014
15	As	0,004	0,004	0,004
16	Rb	0,012	0,015	0,013
17	Sr	0,236	0,237	0,183
18	Y	0,025	0,025	0,026
19	Zr	0,140	0,166	0,151
20	Nb	0,006	0,006	0,005
21	Sti	0,028	0,025	4,773
22	Te	0,018	0,017	4243
23	Ba	0,287	0,254	0,22
24	Eu	0,162	0,115	0,076
25	Yb	0,017	0,016	0,011
26	Pb	0,004	0,009	0,006
27	Nd	0,001	0,002	0,002
28	Lu	0,013	0,014	0,014
29	Rh	0,008	0,009	0,009

Фазово-минералогический состав золы определяется соединениями неорганических компонентов в угле, а также физико-химическими процессами, протекающими при горении угля. Неорганические элементы в основном сосредоточены в виде кварца, сидерита ( $\text{FeCO}_3$ ) и минералов каолиновой группы.

В качестве примесей имеются в составе пирит ( $\text{FeS}_2$ ), гидрослюда, магнезия (магнезит  $\text{MgCO}_3$ , карбонаты кальция (арагонит  $\text{CaCO}_3$  и кальцит  $\text{CaCO}_3$ ), полевые шпаты).

Значительно изменяется содержание железа в угле, при этом образуются довольно крупные концентрации соединения железа таких как сидерит и пирит. При сжигании угля на первой стадии все органоминеральные соединения разрушаются и образую

кислородсодержащие соединения, которые вступают в химическое взаимодействие друг с другом и материалом из чего изготовлен котел. Более важные термические изменения происходят с неорганическими соединениями как основных золообразующих элементов, так и микроэлементов.

При исследовании химического состава золы углей, наибольшее содержание оксида кремния и окиси кальция содержится в золе Экибастузского угля.

Для этого был изучен состав проб и произведен ситовой анализ пробы № 1-2-3 для гранулометрической характеристики золошлаков, состоящих из частиц определенного размера. Анализ произведен путем просеиванием навески материала через набор сит, различающихся размером ячеек (2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,04 мм).

Для изучения возможности использования золы, собранной на золоотвалах и золошлакоаккумуляторах, был определен элементный состав с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра. Анализ проводился на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном спектрометре модели Epsilon1 [7]. Пробы золы отбирались как из электрофильтра, так и из золоотвала.

При исследованиях золоотвалы имели серые примеси и взвеси, при использовании образцов золы залитых электрофильтрами. Данный показатель зависит от минерального состава применяемого угля и может изменяться в зависимости от электростанции. Золошлаковые отходы состоят из таких основных компонентов как кремний и оксид алюминия. Состав изученного золошлакового отхода включает в себя среднее содержание оксида алюминия, низкое содержание оксида кальция, а также высокое содержание оксида железа. Химический состав представлен в таблице 1. Данные приведены выборочно из 70 проб и носят среднее значение химического состава золошлаковых отходов.

Согласно результатам анализа объемного распределения частиц золы, представленных на рисунках 1-3, содержание пробы золы Экибастузских ТЭЦ размеры частиц приблизительно сопоставимы. Так же в таблице показаны результаты, где содержание оксида кальция в первом образце в 2 раза выше контрольного образца. Согласно исследованиям при взаимодействии углекислого газа с ЗШО выявлено наличие оксида кальция, который превращается в карбонат кальция. Данные рентгено-фазного анализа, подтверждают наличие высокого содержания карбоната кальция в образце № 1 и указан в таблице 1 и на рисунке 1.

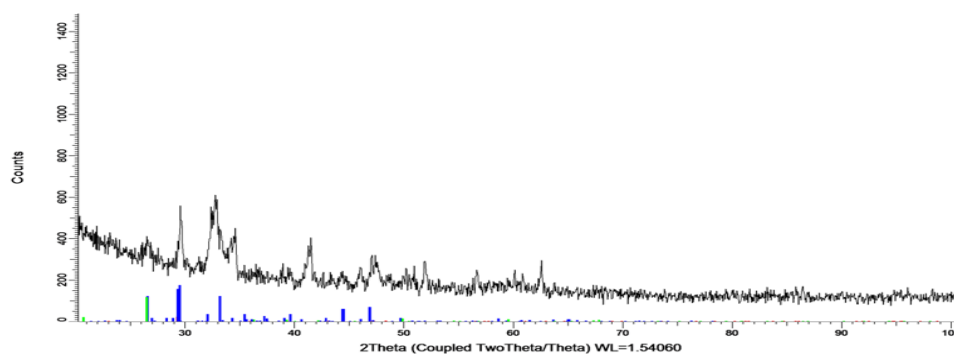


Рисунок 1 – Рентгенофазовый анализ пробы золы

Химический состав ЗШО является главным показателем вязкости материала. Увеличение размера частиц влияет на текучесть материала, что положительно влияет на общие характеристики испытываемых образцов и улучшают качественные показатели как: долговечность, износостойкость и др. Содержание частиц образцов ЗШО, указаны на рисунке 2.

Гранулированные соединения очень важны для определения адсорбционной способности сырья. На рисунке 3 показаны результаты исследования гранулометрического состава сырого вещества. Грануляционный анализ состава показывает, что 60% частиц имеют размеры в пределах 10-70 мкм.

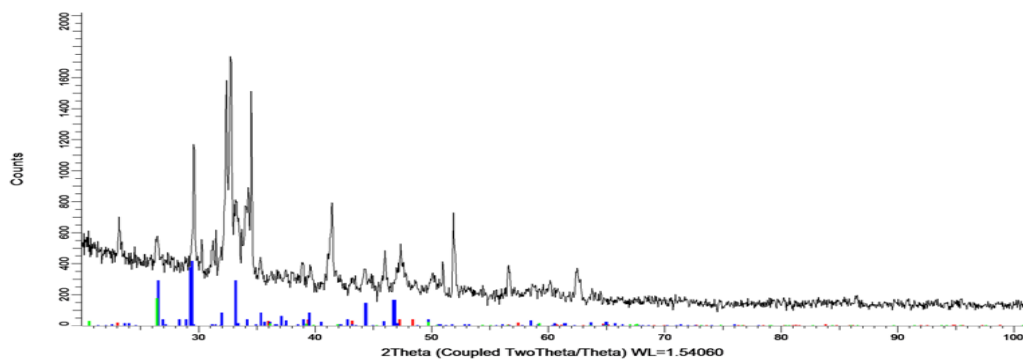


Рисунок 2 – Распределение частиц проб золы по размерам

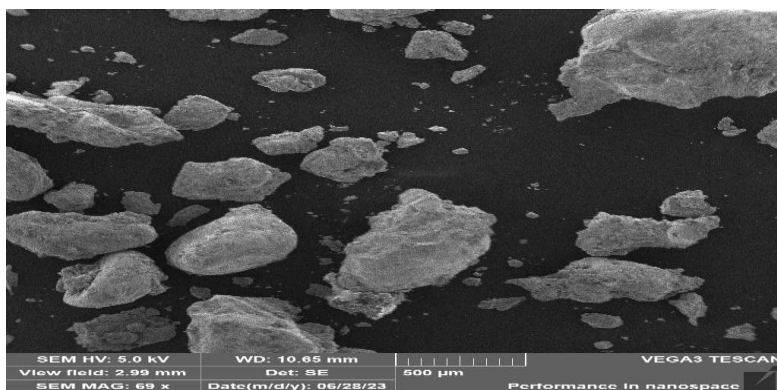


Рисунок 3 – Микрофотографии частиц проб золы

На рисунке 3 представлены частицы образцы золы под микроскопом, в диапазоне увеличения в 500 раз, данный рисунок показывает, что исследуемые образцы очень мелкодисперсны [10]. Данные частицы неистертого шлака были нанесены на углеродную ленту с площадью поверхности 25 мм<sup>2</sup>, также для проводимости сверху было проведено напыление тонкого слоя углерода, при 20 кВ ускоряющего напряжения, время накопления 30 с и 10 мм рабочее расстояние. Элементный состав отдельных частиц определяли с помощью программного обеспечения EDAX Esprit. Эта программа основана на полуколичественном анализе с относительной точностью 5-15% в зависимости от выявленного элемента. Поверхность образца был разделен на шесть полей зрения и рассмотрены в режиме отраженных электронов при увеличении  $\times 500$ . Для анализа было выбрано несколько отдельных частиц. Минералогический состав золошлаков определяли с помощью дифракции рентгеновских лучей на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном спектрометре модели Epsilon1. Образец был помещен в кювету, а затем на пластиковый держатель для анализа. Полуколичественный минералогический анализ рентгеновских дифрактограмм одного образца был проведен с использованием программного обеспечения Diffrac.Eva.V3.2.

Применение летучей золы как составной части композиций на основе цементов объяснимо с точки зрения равномерного распределения частиц золы в объеме. Гидравлическая активность летучих зол определяется химико-минералогическим и гранулометрическим составами. Летучие золы ТЭЦ имели от 5 до 9,3% свободной извести. Гидравлическая активность зол обусловлена наличием свободной CaO, определяющей высокое значение pH их водных вытяжек (отношение золы к воде 1:10).

Определение прочности на изгиб осуществляется с использованием специальной комбинированной машины (в нашем случае Точприбор) для испытаний образцов из раствора или с использованием специального приспособления, вставляемого в пресс. Испытание на изгиб проводится до разрушения образца на две половинки (рис. 4).

Опоры и верхняя часть при нагружении образцов должны иметь круглую форму диаметром  $(10,0 \pm 0,5)$  мм, а расстояние между нижними опорами –  $(100 \pm 0,5)$  мм. Длина опорных элементов – от 45 до 50 мм.



Рисунок 4 – Определение прочности на изгиб

Предел прочности образца при изгибе  $R_f$  вычисляется по следующей формуле (1):

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot l}{b^3}, \quad (1)$$

где:

$R_f$  – предел прочности при изгибе (в МПа);

$b$  – ширина поперечного сечения призмы (в мм);

$F_f$  – максимальная нагрузка, предшествующая моменту разрушения образца (в ньютонах);

$l$  – расстояние между опорными элементами (в мм).

Для каждого установленного срока испытаний изготовили по три образца (одна форма). Образец-призму устанавливали в испытательную машину и нагружали до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки ( $0,05 \pm 0,01$ ) МПа/с. Полученные результаты испытаний на изгиб приведены в таблице 2. С увеличением дозировки золы уноса в качестве замены заполнителя прочность на сжатие увеличивается, по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 2 – Результаты испытания на изгиб

№	Образец	Летучая зола %	Срок	Прочность на изгиб (МПа)
1	Контрольный образец (М450)	0	3	2,25
2		0	7	3,56
3		0	28	4,1
4	С добавлением летучей золы	5	3	1,46
5		10	3	1,74
6		15	3	1,82
7		5	7	3,79
8		10	7	4,4
9		15	7	5,7
10		5	28	6,1
11		10	28	6,5
12		15	28	7,2
13		20	3	1,84
14		30	3	2,14
15		40	3	2,42
16		20	7	4,01
17		30	7	5,34
18		40	7	6,29
19		20	28	7,3
20		30	28	8,1
21		40	28	9,6

Определение прочности при сжатии в соответствии с требованиями стандартов предполагает испытание образцов цемента кубической формы (размером 8 на 4 см), выдержанных в воде в заданных условиях (температура и давление) в течение определенного периода времени. После извлечения из охлажденной ванны с водой (при температуре  $(27^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C})$ ) образцы цементного камня сразу же помещают в испытательную

машину (Пресс гидравлический ПГМ-500) для определения прочности при сжатии (рис. 5). Данный прибор представляет собой автоматический гидравлический пресс с цифровым управлением, предназначенный для испытания предела прочности при сжатии стандартных цементных кубиков. Испытание начинается с помещения образца в пресс. Затем, когда запущена программа, пресс, зажмет образец с очень малым усилием. Далее, гидравлическая система автоматически будет нагружать образец с выбранным усилием до разрушения образца. Прочность на сжатие образца считывается с цифрового дисплея датчика по принципу «задержка пикового показания».



Рисунок 5 – Исследование образцов на сжатие

Испытание производили следующим образом. Образцы устанавливают одной из ранее отмеченных граней на нижнюю опорную плиту прессы центрально по оси прессы, пользуясь разметкой, нанесенной на его плите. Подачу масла регулировали таким образом, чтобы нагрузка на образец возрастала непрерывно и равномерно со скоростью 64 кгс/см<sup>2</sup> в секунду. Образец доводят до полного разрушения. Достигнутое в процессе испытания максимальное усилие принимают за величину разрушающей нагрузки Р, кгс.

Предел прочности образца на сжатие R<sub>c</sub> вычисляется по следующей формуле (2):

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

где:

R<sub>c</sub> – предел прочности на сжатие (в мега Паскалях);

F<sub>c</sub> – максимальное усилие, предшествующее разрушению образца;

1600 – площадь накладных пластин, (40x40 мм) мм<sup>2</sup>.

Результаты испытаний на сжатие приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытания на прочность при сжатии

№ п/п	Образец	Летучая зола %	Срок	Прочность на сжатие (МПа)
1	Контрольный образец (М450)	0	3	7,8
2		0	7	12,5
3		0	28	18,2
4	С добавлением летучей золы	5	3	5,56
5		10	3	8,5
6		15	3	9,6
7		5	7	12,2
8		10	7	13,1
9		15	7	15,5
10		5	28	19,4
11		10	28	21,5
12		15	28	23,8
13		20	3	13,26
14		30	3	15,16
15		40	3	15,18
16		20	7	23,5
17		30	7	25,6
18		40	7	27,5
19		20	28	30,8
20		30	28	30,5
21		40	28	32,6

Полученные результаты показывают, что все прочностные показатели для бетона с содержанием золы уноса больше, чем для контрольного образца бетона. Наибольшее значение получено для бетона, содержащего 15% золы уноса, так как увеличение прочности составляет 22,11%. Наименьшее значение связано с контрольным образцом не содержащий в себе золу и суперпластификатор. Наилучшие показатели по теплопроводности также показал образец, содержащий 15% золы уноса в сравнении с контрольным образцом, где разница в теплопроводности является 51,47%. На рисунках 4-5 показаны микрофотографии твердевших образцов, где видно, что частицы золы-уноса, содержащие алюминаты, способствует образованию гидросульфоалюминатов кальция и активно адсорбируются на поверхностях частиц.

### Результаты исследования и их обсуждение

При проведении термической обработки золы и шлака изменения физико-химических процессов определен дифференциальный термический анализ, который показан на рисунке 4. Данная кривая отражает изменения при термической обработки, что указывает на разрушение физической связки воды в составе с гидрооксидами, где температурный диапазон составляет 180°C.

На рисунке 6 показана кривая изменения ДТА, где отражено экзотермическое воздействие в диапазоне 378°C – 569°C, что является началом горения твердых отходов летучей золы.

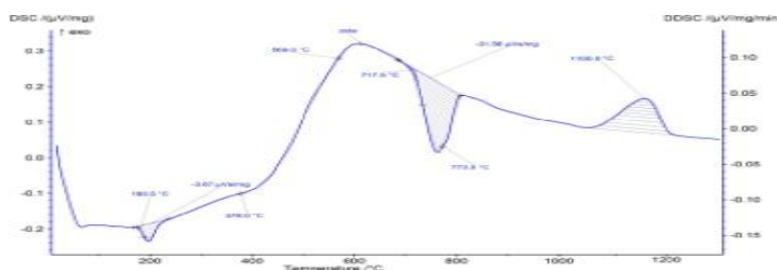


Рисунок 6 – Кривая ДТА пробы золы

При максимальной температуре 1150°C образуется высокое содержание муллита, максимальный эффект содержания доломита достигается при температуре 773°C. Данное исследование показало, что высокое содержание муллита достигается за счет стабильного соединения ионов алюминия и производных кальция, что отражается при нагревании образцов в диапазоне температур 950-1100°C.

Таблица 4 – Влияние температуры спекания на прочность материала

Температура термообработки, °C	Прочность, МПа
950	2
1000	2
1050	7
1100	15

При проведении РФА наличие образования октагидрата оксида натрия, гидрооксидаальбитипер натрия формируется при температуре 950°C, что отражено на рисунке 6 и 7. Данный анализ отражает высокое содержание муллита.

Особенностью золошлака является то, что он относится к первому классу материалов, применяемых в строительстве, где в норме установлено содержание ЗШО не превышающее 176 БК/кг.

С целью использования ЗШО, следует обратить внимание на требование классификации основных коэффициентов, таких как кислотность, вязкость, текучесть, а также коэффициентов качества.



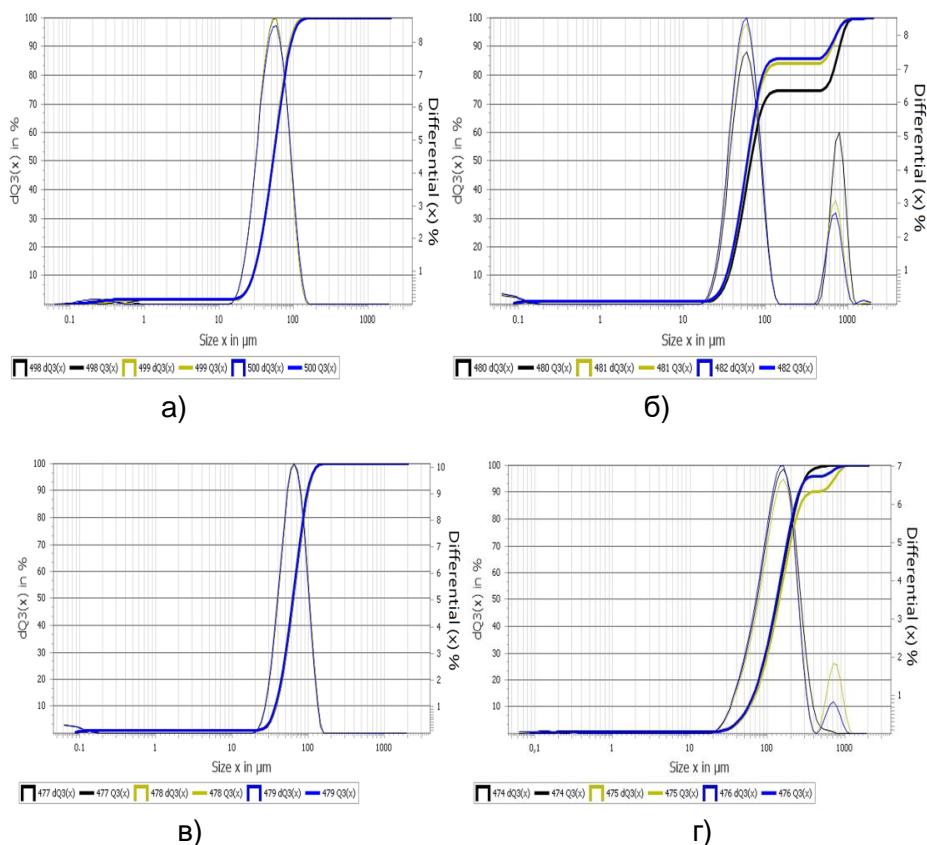


Рисунок 7 – Рентгенофазовый анализ пробы, обожженного при температуре 950°C

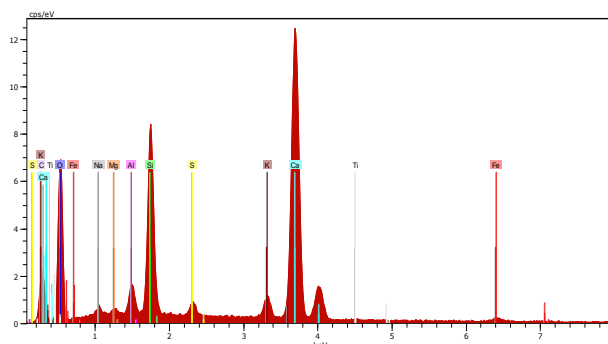


Рисунок 8 – Рентгенофазовый анализ пробы, обожженного при температуре 1100°C

При проведении вышеперечисленных исследований выявлено высокое содержание кислотности в золе и шлаке. Исследования показали, что в изучаемых пробах, отобранных в Экибастузских ТЭЦ, присутствуют минеральные и техногенные частицы. Нестабильный химический состав в исследуемых образцах характеризует кислую среду и содержит в себе преобладание оксида кремния над свободным оксидом кальция. Что подразумевает наличие низких показателей вязкости, которые можно улучшить при добавлении ускорителя коагуляции.

### Заключение

В ходе исследований осуществлен комплексный анализ золошлаковых отходов, для улучшения экологической обстановки и снижения влияния антропогенного воздействия на окружающую среду. Обоснована образование отходов и их закономерности при термической обработке. Химический анализ золошлаковых остатков показал наличие содержания 56,15% оксида кремния и 21,94% оксида алюминия. Микроскопический анализ гранул выявил, что 65% частиц имеют размер 10-70мкм. Эффективная удельная активность радионуклидов в золе и шлаке, рассчитанная на основе изотопной активности радия ( $^{227}\text{Ra}$ ), тория ( $^{231}\text{Nd}$ ) и

калия (40 К), составляет 176 БК/кг. Результаты исследования качественных показателей ЗШО позволяет использовать золу в качестве вторичного сырья в строительстве. Сегодня многие страны пошли по пути использования в качестве сырья не природных, а техногенных материалов и изготовления из них принципиально новых видов продукции. Результаты проводимых исследований позволяют утверждать, что золошлаковые отходы Экибастузских ТЭЦ содержат весь спектр известных на сегодняшний день микросферических образований, зафиксированных в составе золошлаков. Возможность их применения в перечисленных областях производства не вызывает сомнения [15, 16]. В Республике Казахстан золошлаковые отходы используются и перерабатываются в неполном объеме, что дает возможность применять данный материал в строительной промышленности. Использование золошлаковых отходов может существенно уменьшить финансовые затраты и негативное последствие выбросов на окружающую среду.

### Список литературы

1. Всемирная Ассоциация Угля, <https://www.worldcoal.org>
2. Maria Seidler and Ken Malloy: A COMPREHENSIVE SURVEY OF COAL ASH LAW AND COMMERCIALIZATION: National Association of Regulatory Utility Commissioners | January 2020
3. Audit Report, DOE-OIG-19-08, U.S. DOE (Nov. 2018), [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/11/f58/DOE-OIG-19-08\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/11/f58/DOE-OIG-19-08_0.pdf)
4. Gupta, T., Miller A., and Mohan, Y, Current Perspective, Challenges and Opportunities for Fly Ash Utilizations and Pond Reclamation in Australian Scenario, Submission made to the Senate Standing Committee on Environment and Communications inquiry into Rehabilitation of Mining and Resources Projects as it relates to Commonwealth Responsibilities, Submission 74.2, 28 June 2018; Winn, Paul, Lynch, Joanna, and Woods, Georgina, Out of the Ashes: Water Pollution and Lake Macquarie's ageing coal-fired power stations, Hunter Community Environment Centre, 2019, 63 p.
5. Hazardous and Solid Waste Management System; Identification and Listing of Special Wastes; Disposal of Coal Combustion Residuals From Electric Utilities, Proposed Rule, 40 Code of Federal Regulations § 257, 261, 264, 265, 268, 271, Subparts 302.35, 302.128, 302.138 (June 21, 2010).
6. US EPA, Coal Combustion Residual Beneficial Use Evaluation: Fly Ash Concrete and FGD Gypsum Wallboard, February 2014, available at: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr\\_bu\\_eval.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr_bu_eval.pdf)
7. Ash Development Association of Australia, <http://www.adaa.asn.au/resource-utilisation/ccp-utilisation>, accessed 25 June 2019.
8. Исмагулова Г.Е. Проблемы модернизации Казахстанской электроэнергетики / Г.Е. Исмагулова. – 2003.
9. S. Slesinger, Coal Ash: Why it is better recycled than as a waste (Feb. 13, 2014) <https://www.nrdc.org/experts/scott-slesinger/coal-ash-why-it-better-recycled-waste>; US EPA, Methodology for Evaluating Encapsulated Beneficial Uses of Coal Combustion Residuals (2014), <https://www.epa.gov/coalash/methodology-evaluating-encapsulated-beneficial-uses-coal-combustion-residuals>.
10. Resource Recovery Order under Part 9, Clause 93 of the Protection of the Environment Operations (Waste) Regulation 2014 (NSW); Coal Ash Order 2014 (NSW) Part 4: Generator requirements Мальчик А.Г., Литовкин С.В. Изучение золошлаковых отходов для их использования в качестве вторичных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-1. – Р. 23-27; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7431> (датаобращения: 05.06.2023).
11. Дмитриев И.И. Золошлаковые отходы в составе бетона / И.И. Дмитриев, А.М. Кириллов // Строй Много. – 2017. – № 3(8). URL: <http://stroymnogo.com/science/tech/zoloshlakovyie-otkhody-v-sostave-bet/>
12. Волженский А.В. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов / А.В. Волженский, И.А. Иванов, Ю.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1984. – 198 с.
13. Дворкин Л. И. Физико-механические свойства активированных цементно-золевых вяжущих / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин // Технологии бетонов. – 2010. – № 11-12. – С. 35-37.

14. Malhotra V.M. High-Perfor-mance, Fligh-Volume Fly Ash Concrete. / V.M. Malhotra, P.K. Mehta // Supple- mentary Cementing Materials for Sustainable Development Inc. – Ottawa, Canada, 2005. – 124 p.
15. Энтин З.Б. Еще раз о золах-уноса ТЭС для производства цемента / З.Б. Энтин, Н.В. Стржалковская // Цемент и его применение. – 2009. – № 2. – Р. 106-111.
16. Кожемяко С.И. / Стратегия повторного возобновления ресурсов из золошлаковых отходов ТЭС генерирующих предприятий входящих в состав «Сибирской Энергетической Ассоциации» / С.И. Кожемяко, Д.В. Бондарь, В.П. Шевцов // СЭА, Новосибирск, 2009.

## References

1. Vsemirnaya Associaciya Ugly a, <https://www.worldcoal.org>. (In Russian).
2. Maria Seidler and Ken Malloy: A COMPREHENSIVE SURVEY OF COAL ASH LAW AND COMMERCIALIZATION: National Association of Regulatory Utility Commissioners | January 2020
3. Audit Report, DOE-OIG-19-08, U.S. DOE (Nov. 2018), [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/11/f58/DOE-OIG-19-08\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/11/f58/DOE-OIG-19-08_0.pdf). (In English).
4. Gupta, T., Miller, A., and Mohan, Y, Current Perspective, Challenges and Opportunities for Fly Ash Utilizations and Pond Reclamation in Australian Scenario, Submission made to the Senate Standing Committee on Environment and Communications inquiry into Rehabilitation of Mining and Resources Projects as it relates to Commonwealth Responsibilities, Submission 74.2, 28 June 2018; Winn, Paul, Lynch, Joanna, and Woods, Georgina, Out of the Ashes: Water Pollution and Lake Macquarie's ageing coal-fired power stations, Hunter Community Environment Centre, 2019, 63 p. (In English).
5. Hazardous and Solid Waste Management System; Identification and Listing of Special Wastes; Disposal of Coal Combustion Residuals From Electric Utilities, Proposed Rule, 40 Code of Federal Regulations § 257, 261, 264, 265, 268, 271, Subparts 302 35,128, 35,138 (June 21, 2010). (In English).
6. US EPA, Coal Combustion Residual Beneficial Use Evaluation: Fly Ash Concrete and FGD Gypsum Wallboard, February 2014, available at: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr\\_bu\\_eval.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/ccr_bu_eval.pdf). (In English).
7. Ash Development Association of Australia, <http://www.adaa.asn.au/resource-utilization/ccp-utilisation>, accessed 25 June 2019. (In English).
8. Ismagulova G.E. Problemy modernizacii Kazakhstan skojelektro energetiki. 2003. (In Russian).
9. S. Slesinger, Coal Ash: Why it is better recycled than as a waste (Feb. 13, 2014) <https://www.nrdc.org/experts/scott-slesinger/coal-ash-why-it-better-recycled-waste>; US EPA, Methodology for Evaluating Encapsulated Beneficial Uses of Coal Combustion Residuals (2014), <https://www.epa.gov/coalash/methodology-evaluating-encapsulated-beneficial-uses-coal-combustion-residuals>. (In English).
10. Resource Recovery Order under Part 9, Clause 93 of the Protection of the Environment Operations (Waste) Regulation 2014 (NSW); Coal Ash Order 2014 (NSW) Part 4: Generator requirements Mal'chik A.G., Litovkin S.V. IZUCHENIE ZOLOSHLAKOVY HOTHODOV DLYA SPOL'ZOVANIYA V KACHESTVE VTORICHNYH RESURSOV // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 9-1. – P. 23-27; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7431> (dataobrashcheniya: 05.06.2023). (In English).
11. Dmitriev I.I., Kirillov A.M. Zoloshlakovy othody v sostave betona // StrojMnogo, 2017. – №3 (8). URL: <http://stroy mnogo.com/science/tech/zoloshlakovy-otkhody-v-sostave-bet/>. (In Russian).
12. Volzhenskij A. V. Primenenie zol i toplivnyh shlakov v proizvodstve stroitel'nyh materialov / Volzhenskij A.V., Ivanov I. A., Vinogradov YU. N.. – M.: Strojizdat, 1984. – 198 p. (In Russian).
13. Dvorkin L.I. Fiziko-mekhanicheskie svojstva aktivirovannyh cementno-zol'nyh vyazhushchih / Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. // Tekhnologii betonov. – 2010. – № 11-12. – 35-37 p. (In Russian).
14. Malhotra V.M., Mehta P.K. High-Perfor-mance, Fligh-Volume Fly Ash Concrete. Supple- mentary Cementing Materials for Sustainable Development Inc. – Ottawa, Canada, 2005. – P. 124. (In English).
15. Entin Z.B., Strzhalkovskaya N.V. Eshche raz o zolah-unosa TES dlya proizvodstva cementa // Cement i ego primenenie. – 2009. – № 2. – S. 106–111. (In Russian).

16. Kozhemyako S.I., Bondar' D.V., Shevcov V.R. / Strategiya povtornogo vozobnovleniya resursov iz zoloshlakovykh othodov TES generiruyush chihpredp riyatijvho dyashchih v sostav «Sibirskoj Energeticheskoy Associacii». – SEA, Novosibirsk, 2009. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Данное исследование финансировалось Министерством торговли и интеграции Республики Казахстан (Грант № BR12967699 «Создание нормативной базы, научно-технических основ эффективных композиционных и smart материалов с использованием отходов промышленности»).*

**С.С. Алдабергенова<sup>1</sup>, Ж.Т. Ибраева<sup>†</sup>, Р.К. Ниязбекова<sup>1</sup>, М.М. Какимов<sup>2</sup>, А.С. Майконов<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстан стандарттау және метрология институты,

010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел д-ы, 11

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс д-ы, 62

<sup>3</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті,

050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к. 59.

e-mail: zhanna.83-01@list.ru

### **КҮЛ-ҚОЖ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ**

Бұл мақалада Қазақстан Республикасындағы көмір электр станцияларының күл-қож қалдықтарын сақтау және жинақтау саласындағы зерттеулер келтірілген. Қайта өңдеу аспектілері, сондай-ақ күл-қож қалдықтарын кәдеге жарату нұсқалары қарастырылады. Гранулометриялық және химиялық құрамы сипатталған, қышқылдық коэффициенттері (рН) және көмір электр станцияларының қалдықтарының негізділігі анықталған, сондай-ақ материал класы анықталған. Мақалада күл-қож қалдықтарын қолдана отырып композициялық материалдарды өндірудің жаңа технологиясы сипатталған. Композициялық материалдарды өндіру кезінде цемент қоспаларының құрамына күл-қож қалдықтарын қосудың тәуелділігі анықталды. Температураның өзгеруіне байланысты муфельді пештің оңтайлы күйдіру параметрлері орнатылған. Алынған материалдардың физика-механикалық қасиеттері, сондай-ақ жылу өткізгіштік, қысу беріктігі сияқты көрсеткіштер зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша күл-қож қалдықтарын өңдеудің жаңа әдістері алынды. Қоршаған ортаға антропогендік әсерді азайту үшін қайта өңдеуді қажет ететін күл-қож қалдықтарын кешенді зерттеу жүргізілді. Зерттеулерде негізгі тігістеуі белгілер анықталды: қышқыл және негізгі коэффициенттер, силикат коэффициенттері және сапа коэффициенттері, олардың негізгі міндеті термиялық өңдеудің әртүрлі түрлеріндегі қалдықтардың физика-химиялық заңдылықтарын одан әрі зерттеу және өнеркәсіпте күл-қож қалдықтарын одан әрі пайдалану. Бұл қышқыл күлдің тұрақсыз химиялық құрамымен сипатталатынын және тұтқыр қасиеттері жоқ екенін ескереді, бірақ үдеткіштерді қосқанда ол тұтқыр болады, бұл сапа көрсеткіштерін жақсартады.

**Түйін сөздер:** күл және шлак материалы, химиялық және гранулометриялық құрамы, радионуклидтердің белсенділігі композиттік материалы, созылу беріктігі.

**S.S. Aldabergenova<sup>1</sup>, Zh.T. Ibrayeva<sup>†</sup>, R.K. Niyazbekova<sup>1</sup>, M.M. Kakimov<sup>2</sup>, A.S. Maikonov<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El str, 11

<sup>2</sup>Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis str, 62

<sup>3</sup>Kazakhstan-British Technical University,

050000, Republic of Kazakhstan, Almaty, st. Tole Bi, 59.

### **RECYCLING AND USE OF ASH AND SLAG WASTE**

*This article presents research in the field of storage and accumulation of ash and slag waste from coal-fired power plants in the Republic of Kazakhstan. Aspects of recycling are considered, as well as options for the disposal of ash and slag waste. The granulometric and chemical composition is described, the acidity (Ph) and basicity coefficients of coal-fired power plant waste are determined, and the material class is established. The article describes a new technology for the production of ceramic products using ash and slag waste. The*

dependence of the addition of ash and slag waste to the composition of clay mixtures in the production of ceramic products has been determined. The optimal firing parameters of the muffle furnace have been determined depending on the temperature change. The physical and mechanical properties of the obtained materials, as well as such indicators as: thermal conductivity, compressive strength, have been studied. According to the research results, new methods of processing ash and slag waste have been obtained. To reduce the anthropogenic impact on the environment, a comprehensive study of ash and slag waste in need of recycling was conducted. The research revealed signs in the main seam: acid and basic coefficients, silicate coefficients and quality coefficients, the main task of which is to further study the physico-chemical patterns of waste in various types of heat treatment and the further use of ash and slag waste in industry. At the same time, it is taken into account that acidic ash is characterized by an unstable chemical composition and has no astringent properties, however, when accelerators are added, it becomes viscous, which improves quality indicators.

**Key words:** ash and slag material, chemical and granulometric composition, activity of radionuclides, composite material, tensile strength.

#### Сведения об авторах

**Сауле Салимжановна Алдабергенова** – доктор PhD, специалист, Казахстанский институт стандартизации и метрологии»; e-mail: ass\_1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6297-7632>.

**Жанна Туармановна Ибраева\*** – магистр технических наук, специалист, Казахстанский институт стандартизации и метрологии; e-mail: zhanna.83-01@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3573-0439>.

**Римма Калманбаевна Ниязбекова** – д.т.н., научный руководитель; e-mail: rimma.n60@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>.

**Мухтарбек Муханович Какимов** – к.т.н., доцент кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-12195>.

**Аслан Серикович Майконов** – специалист, Казахстанский институт стандартизации и метрологии, докторант 3 курса АО «Казахстанско-Британский технический университет»; e-mail: amaykonov@gmail.com.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Сауле Салимжановна Алдабергенова** – PhD докторы, Қазақстанстан стандарттау және метрология институты; e-mail: ass\_1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6297-7632>.

**Жанна Туармановна Ибраева\*** – техникалық ғылымдарының магистрі, Қазақстанстан стандарттау және метрология институты; e-mail: zhanna.83-01@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3573-0439>.

**Римма Калманбаевна Ниязбекова** – т.ғ.д., Қазақстанстан стандарттау және метрология институты; e-mail: rimma.n60@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>.

**Мухтарбек Муханович Какимов** – т.ғ.к., «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының доценті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-12195>.

**Аслан Серікұлы Майконов** – Қазақстанстан стандарттау және метрология институты, «Қазақстан-Британ техникалық университеті» АҚ 3 курс докторанты, amaykonov@gmail.com.

#### Information about the authors

**Saule Salimzhanovna Aldabergenova** – PhD, Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology; e-mail: specialist, ass\_1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6297-7632>.

**Zhanna Tuarmanovna Ibrayeva\*** – Master of Technical Sciences, Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology; e-mail: zhanna.83-01@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3573-0439>.

**Rimma Kalmanbayevna Niyazbekova** – Doctor of Technical Sciences, Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology; e-mail: rimma.n60@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8688-1408>.

**Mukhtarbek Mukhanovich Kakimov** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of Technology of Food and Processing Production, of the Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-12195>.

**Aslan Serikovich Maikonov** – Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology, 3 year doctoral student at JSC «Kazakhstan-British Technical University», e-mail: amaykonov@gmail.com.

Поступила в редакцию 01.03.2024  
Поступила после доработки 02.04.2024  
Принята к публикации 03.04.2024

Л.М. Каримова<sup>1,2\*</sup>, Г.К. Макашева<sup>1,2</sup>, Е.Т. Кайралапов<sup>1,2</sup>, Е.М. Харченко<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ТОО «Инновация»,

100024, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Таттимбета, 5/2;

<sup>2</sup>ТОО «КазГидроМедь»,

100000, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Московская, 4;

<sup>3</sup>Карагандинский индустриальный университет,

101400, Республика Казахстан, г. Темиртау, проспект Республики, 30

\*e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz

## ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ОТВАЛЬНЫХ МЕДНЫХ ХВОСТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БЕЛОЙ САЖИ

**Аннотация.** В статье приведены результаты по термохимическому обогащению чернового концентрата отвальных медных хвостов с содержанием в %  $\text{Cu} - 4,40$ ;  $\text{SiO}_2 - 37,02$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 10,195$ . Термохимическими исследованиями установлено, что при спекании концентрата со щелочью образуется силикат и алюмосиликат натрия. В зависимости от температуры спекания в интервале 250-500 °С извлечение кремнезема в раствор увеличивается с 59,96% до 70,40%. После водного выщелачивания спека при условиях: Ж:Т = 3:1 температуре 60 °С; продолжительности 60 минут содержание меди в кеке увеличивается в среднем в 1,2 раза.

Для выделения из силикатного раствора белой сажи использовали в качестве нейтрализующего агента углекислый газ. Белую сажу получали путем двухступенчатой карбонизации силикатного раствора углекислым газом в рециркуляционной системе, с доведением рН до 9-10. Исследовали влияние продолжительности осаждения, температуры, концентрации силикатного раствора на удельную площадь поверхности ( $S_{уд.}$ , м<sup>2</sup>/г) белой сажи.

Установлено, что при увеличении продолжительности карбонизации и температуры раствора удельная площадь поверхности белой сажи уменьшается.

Установлено, что при температуре 25 °С, продолжительности процесса 50 мин и при конечном рН=9,7 ед. образуется белая сажа с удельной площадью поверхности 200 м<sup>2</sup>/г.

После удаления примесей оксида алюминия раствором серной кислоты при температуре 80 °С получена белая сажа, соответствующая марке БС-100.

**Ключевые слова:** черновой медный концентрат, спекание, выщелачивание, извлечение, силикатный раствор, белая сажа.

### Введение

Длительный период разработки месторождений приводит к сокращению объема балансовых запасов руд, при этом растет объем накопления отходов (хвостов) горно-обогатительного производства [1].

Для переработки сульфидного сырья, содержащего цветные, редкие и благородные металлы используют автоклавное обескремнивание при низких температурах с дальнейшим выщелачиванием при атмосферном давлении. Особенностью этого направления является возможность комплексной переработки благодаря оптимальному сочетанию флотационного и химического обогащения при котором обеспечивается наибольшее взаимозависимое извлечение металлов ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Re}$ ,  $\text{SiO}_2$ ).

Однако в [1-6] показано, что использование щелочного спекания исключает необходимость автоклавного выщелачивания и высокотемпературную обработку глиноземных минералов и алюмосиликатов. Использование метода щелочного спекания ранее было исследовано для обработки других медьсодержащих материалов [7, 8], что показывает возможность значительного обогащения сырья.

Щелочное выщелачивание кремнийсодержащего сырья позволяет извлечь кремний в раствор для дальнейшего осаждения белой сажи. В работах [9, 10] при осаждении диоксида кремния используют аммиачную селитру.

Известны работы [5, 6, 11, 12], по выщелачиванию шлаков фосфорного производства раствором карбоната натрия с дальнейшим осаждением диоксида кремния с высокой удельной поверхностью.

В [6, 13, 14] приведены результаты по выщелачиванию фосфорного шлака с азотнокислым вскрытием его и с извлечением редкоземельных металлов (РЗМ) в раствор, с дальнейшим выщелачиванием кека раствором гидроксида натрия при 98 °С в автоклаве при 220°С.

Как реагент-осадитель при получении «белой сажи» широко используется углекислый газ. Однако осаждение углекислым газом целесообразно проводить в производстве, где он образуется как побочный продукт [15].

В зависимости от способа получения белой сажи определяется конечное свойство продукта: размер и форма частиц, наличие или отсутствие пор и т.д. [16-21].

Целью данной работы является исследование возможности термохимического обогащения и вскрытия низкосортного медного сырья с получением товарного продукта – белой сажи.

#### **Методы исследования**

Для исследований использовали черновой медный концентрат, полученный после флотационного обогащения отвальных хвостов, и содержащий, в % Cu – 4,40; Fe – 15,56; Zn – 0,151; Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,394/10,195; Si/SiO<sub>2</sub> – 17,3/37,02; Ag, 77,03 г/т.

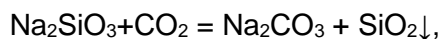
С целью обогащения концентрата и расширения товарной продукции в виде белой сажи проведены исследования по термохимическому обогащению чернового медного концентрата со щелочью и с последующим извлечением кремния в щелочной раствор.

Концентрат шихтовали с гидроксидом натрия в заданном соотношении (по стехиометрии реакции) и помещали в печь, предварительно нагретую до определенной температуры.

Исследования по термохимическому обогащению проводили в интервале температур 250-500°С при соотношении чернового медного концентрата к щелочи – 1:2. Водное выщелачивание спека проводили при температуре 60°С, отношении Ж:Т = 3:1 и продолжительности 60 минут.

Для выделения из силикатного раствора белой сажи использовали в качестве нейтрализующего агента углекислый газ. Белую сажу (mSiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O) получали путем двухступенчатой карбонизации силикатного раствора (жидкого стекла) углекислым газом в рециркуляционной системе, с доведением рН до 9-10 в течение 30 минут, а затем, в течение 60 минут, до содержания остаточной щелочи в растворе 90 г/л.

Основная реакция получения белой сажи углекислым газом:



с осаждением осадка в виде mSiO<sub>2</sub>.

На этапе предварительного обескремнивания чернового концентрата в раствор при оптимальных условиях получен силикатный раствор следующего состава: Na<sub>2</sub>O = 126,5 г/л, SiO<sub>2</sub> = 107,7 г/л, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3,1 г/л. В серии опытов углекислый газ барботировали через объем раствора в течение определенного времени. Скорость процесса подбиралась таким образом, чтобы необходимое конечное значение рН (9,7-9,8 ед.) пульпы было достигнуто за определенный временной промежуток.

При проведении экспериментов исследовали влияние продолжительности осаждения (t, мин.), температуры (t, °С), концентрации силикатного раствора (C(Na<sub>2</sub>O), г/л) на удельную площадь поверхности (S<sub>уд.</sub>, м<sup>2</sup>/г) белой сажи. Полученный осадок отделяли фильтрацией, затем промывали и сушили при температуре 105 °С. Удельную поверхность (абсолютная величина), подсчитывали по значению среднего диаметра частиц сажи, определенного с помощью электронного микроскопа.

Влияние продолжительности карбонизации исследовано в следующих условиях: концентрация раствора по Na<sub>2</sub>O = 126,5 г/л, температура 40 °С (рисунок 1, а). Влияние температуры (рис. 1, б) проводили при продолжительности процесса 60 мин и той же концентрации щелочи.

#### **Результаты исследований**

Полученные результаты экспериментов по спеканию концентрата со щелочью в интервале температур 250-500 °С представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия и результаты водного выщелачивания

Температура спекания, °С	Выход кека, %	Химический состав, %					ε <sub>Al</sub> , %	ε <sub>Si</sub> , %
		Cu	Fe	Al	Si	Ag		
250	61,3	5,37	19,17	5,06	11,30	107,6	42,49	59,96
300	51,2	5,16	18,05	4,84	10,00	84,45	54,06	70,40
500	51,0	5,23	17,86	4,60	10,06	89,56	56,51	70,34

Как видно из таблицы 1, содержание меди в кеке после водного выщелачивания увеличилось в среднем в 1,2 раза. Извлечение кремния в раствор в зависимости от температуры спекания увеличивается с 59,96% до 70,40%.

По результатам рентгенофазового анализа выполненного на «D2 Phaser», в концентрате после спекания при 300 °С образуется силикат и алюмосиликат натрия (табл. 2 и рис. 1).

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)

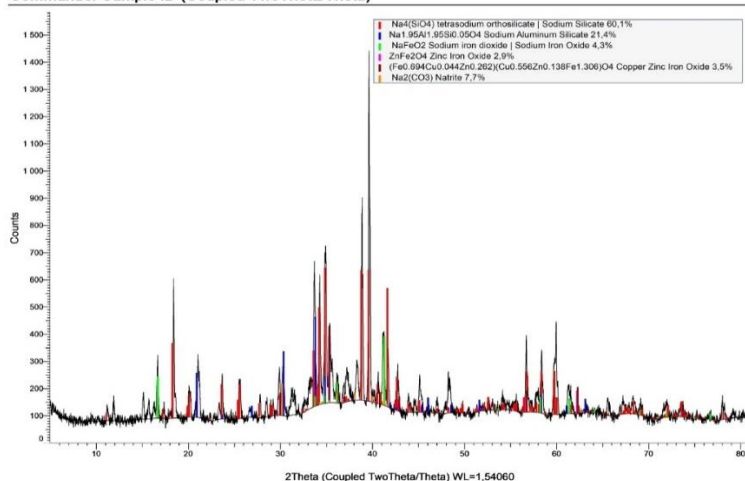
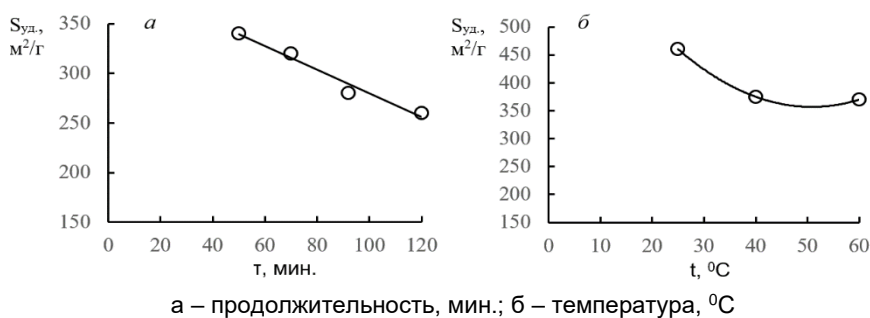


Рисунок 1 – Дифрактограммы материала после спекания

Таблица 2 – Фазовый состав концентрата после спекания

Вещество	Содержание, %
Na <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> – Силикат натрия	60,1
NaAlSiO <sub>4</sub> – Алюмосиликат натрия	21,4
NaFeO <sub>2</sub> – Диоксоферрат(III) натрия	4,3
ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> – Франклинит	2,9
(FeO·CuO·ZnO) (CuO·ZnO·FeO <sub>4</sub> ) – оксиды железа, цинка, меди	3,5
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> – углекислый натрий	7,7
Сумма	100

Результаты влияния продолжительности карбонизации и температуры раствора на удельную площадь поверхности белой сажи представлены на рисунке 2, а и 2, б соответственно.



а – продолжительность, мин.; б – температура, °С

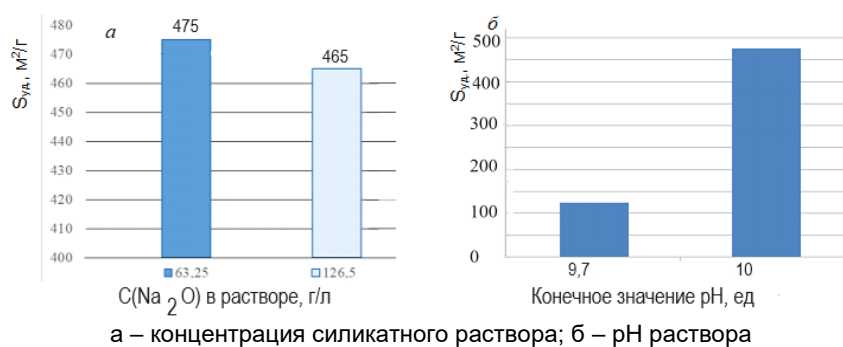
Рисунок 2 – Влияние различных факторов карбонизации на удельную площадь поверхности белой сажи



Из данных рисунка 2 следует, что при увеличении продолжительности карбонизации уменьшается удельная площадь поверхности, что, по-видимому, связано с преобладанием скорости роста над образованием зародышей при недостаточном объеме пропускания газа. При высокой скорости барботирования, при избытке его объема, образуется большое количество центров кристаллизации, которые не успевают в дальнейшем вырасти.

При увеличении температуры раствора удельная площадь поверхности белой сажи уменьшается, так как более мелкие частицы осадка частично растворяются. При 25°C удельная площадь поверхности белой сажи составила 450 м<sup>2</sup>/г.

Влияние концентрации силикатного раствора (рис. 3, а) и конечного значения pH раствора (рис. 3, б) на удельную площадь поверхности исследовано при температуре раствора 25 °С и продолжительностью 60 мин.



а – концентрация силикатного раствора; б – pH раствора

Рисунок 3 – Влияние концентрации и pH раствора на удельную площадь поверхности белой сажи

По результатам рисунка 3 а видно, что влияние концентрации раствора (Na<sub>2</sub>O) на удельную площадь поверхности белой сажи – малозначима.

По данным рисунка 2 и 3 в первом приближении наиболее оптимальными (приемлемыми) параметрами для получения белой сажи является температура 25 °С и продолжительность процесса 50 мин при конечном pH=9,7 ед., что способствует образованию белой сажи с минимальной удельной площадью поверхности (см рис. 2, при комбинированном воздействии продолжительности и температуры процесса).

Наиболее сильное влияние оказывает pH фактор при изменении его в сторону повышения (рис. 3, б). Резкое снижение удельной поверхности при небольшом изменении pH в сторону увеличения (с 10 до 9,7 ед.) способствует разрушению гидратных оболочек SiO<sub>2</sub> и тем самым уменьшает удельную поверхность [22, 23].

Осажденная из силикатного раствора белая сажа содержит большое количество оксида алюминия (табл. 3), поэтому после карбонизации осадок перед сушкой промывали раствором серной кислоты 200 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в течение часа при 80°C (табл. 4).

Таблица 3 – Химический состав полученного осадка

Компонент	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
Содержание	1,96	0,04	3,16	94,57	0,06	0,21	99,70

Таблица 4 – Результаты химического анализа белой сажи после кислотной обработки

S <sub>уд.</sub> , м <sup>2</sup> /г	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Сумма
125	0,61	0,01	0,05	98,84	0,2	0,06	99,8

По результатам таблицы 4 видно, что в данных условиях возможно получить белую сажу, которая соответствует марке БС-100. Согласно ГОСТ 18307-78 [23] сажа белая имеет следующие характеристики: массовая доля двуоксида кремния, %, не менее 86; массовая доля железа в пересчете на окись железа, %, не более 0,15; массовая доля алюминия в пересчете на окись алюминия, %, не более 0,15; удельная поверхность по адсорбции фенола, м<sup>2</sup>/г 100±20; массовая доля кальция и магния в пересчете на оксид кальция, %, не более 0,8.

## Заключение

Проведены исследования по термохимическому обогащению черного медного концентрата со щелочью в интервале температур 250-500°C при соотношении концентрата к щелочи = 1:2. В результате спекания установлено образование силиката и алюмосиликата натрия. При водном выщелачивании извлечение кремния в раствор в зависимости от температуры спекания увеличивается с 59,96% до 70,40%. После водного выщелачивания обогащение меди происходит в среднем в 1,2 раза.

Белую сажу получали путем двухступенчатой карбонизации силикатного раствора углекислым газом в рециркуляционной системе, с доведением pH до 9-10.

В результате исследований получена белая сажа, соответствующая марке БС-100, после промывки раствором серной кислоты.

## Список литературы

1. Investigation into the Question of Complex Processing of Bauxites of the Srednetimanskoe Deposit / I.V. Loginova et al // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2013. – V. 54. – P. 143-147.
2. Loginova I.V. Extraction of Rare-Earth Metals During the Systematic Processing of Diaspore Boehmite Bauxites / I.V. Loginova, A.A. Shoppert, L.I. Chaikin // Metallurgist. – 2016. – V. 60. – P. 198-203.
3. Каршигина З.Б. Комплексная переработка кремнийсодержащих минеральных и техногенных образований с получением осажденного диоксида кремния и извлечением редкоземельных металлов. дисс....pHD: защищена 22.12.2016 / Каршигина Зауре Байтасовна. – Алматы, 2016. – 147 с.
4. Садыралиева У.Ж. Химическое обогащение нефелиновых сиенитов с получением концентрата редкоземельных элементов / У.Ж. Садыргалиева // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2015. – № 2. – С. 45-47.
5. Извлечение кремния из шлаков фосфорного производства растворами карбоната натрия / Е.Г. Бочевская и др. // Комплексное использование минерального сырья. – 2006. – № 3. – С. 29-34.
6. Возможность использования отходов химических и металлургических предприятий Казахстана для получения осажденного диоксида кремния / З.С. Абишева и др. // Комплексное использование минерального сырья. – 2006 – № 2 – С. 70-75.
7. Alkali fusion-leaching method for comprehensive processing of fly ash / A.A. Shoppert et al // Technogen Conference Proceedings, KnE Materials Science. – 2017. – № 1. – P. 89-96.
8. Shoppert A.A. Novel Method for Comprehensive Processing of Low-Grade Copper Concentrate / A.A. Shoppert, L.M. Karimova, D.V. Zakharyan // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing IV, Solid State Phenomena. – 2018. – V. 284. – P. 856-862.
9. А.с. 345763 СССР, МПК С01В 33/12(2006.01) С09С 1/30(2006.01). Способ получения белой сажи / А.И. Илясов, Е.П. Попляков, В.Ф. Соболев; заявл. 29.04.70; опубл. 30.01.78. Бюл. № 4. – 2 с.
10. Осаждение аморфного диоксида кремния из силикатных растворов, полученных после переработки минеральной высококремнистой руды / Е.Г. Бочевская и др. // Вестник науки и образования. – 2017. – № 12(36), Т.1. – С.18-23.
11. Пат. 24434 РК, С 01 В 33/18. Способ получения белой сажи из силикатно-кальциевых шлаков фосфорного производства / Абишева З.С., Бочевская Е.Г., Каршигина З.Б., Загородняя А.Н., Франгулиди Л.Х., Шарипова А.С.; заявитель и патентообладатель АО «ЦНЗМО». – № 2008/0542.1; заявл. 08.05.08. опубл. 15.08.2011, Бюл. № 8.
12. Technology of phosphorus slag processing for preparation of precipitated silica. Z.S. Abisheva et al // J. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, July, 2013 – V. 47, № 4. – P. 428-434.
13. Извлечение редкоземельных металлов из шлаков фосфорного производства и получение силикатного раствора / З.Б. Каршигина и др. // Комплексное использование минерального сырья. – 2016. – № 2. – С. 18-25.

14. Recovery of rare earth metals and precipitated silicon dioxide from phosphorus slag / Z. Karshigina et al // *J. Minerals Engineering*. – 2015. – V. 77. – P. 159-166.
15. Бочевская Е.Г. Осаждение аморфного диоксида кремния из силикатных растворов, полученных после переработки минеральной высококремнистой руды / Е.Г. Бочевская, З. Каршигина, Э. Саргелова // *Вестник науки и образования*. – 2017. – № 12(36). – С. 18-23.
16. Кутищева Е.С. Способы получения высокодисперсного диоксида кремния / Е.С. Кутищева, И.О. Усольцева, Ю.В. Передерин // *Ползуновский вестник*. – 2021. – № 2. – С. 188-193. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.026>.
17. Панина О.Д. Исследование влияния различных факторов на величину удельной поверхности диоксида кремния / О.Д. Панина, Ю.В. Передерин, И.О. Усольцева // VI Всероссийская конференция «Химия и химическая технология: достижения и перспективы», Из-во: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – 2022. – С. 116-118.
18. Пат. 2740995 Российская Федерация, МПК 51 С01В 33/18, С01В 33/193. Способ получения микрокремнезема из природного диатомита осаждением раствора азотной кислоты / Селяев В.П., Куприяшкина Л.И., Седова А.А., Карандашов Д.Л., Муханов М.А.; патентообладатель ФГБОУВО «Национальный исследовательский Мордовский гос. унив-т им. Н.П. Огарёва». – № 2020116983; заявл. 22.05.2020; опубл. 22.01.2021. Бюл. № 3.
19. Пат. 2023664 Российская Федерация, МПК С01В 33/18. Способ получения осажденного кремнеземного наполнителя / Деревянко В.В., Соболев В.Ф., Попляков Е.П., Зверев Ю.Н., Балабанов В.М.; патентообладатель Соболев Валентин Федорович. № 5019457/26; заявл. 23.09.1991; опубл. 30.11.1994. Бюл. № 24.
20. Пат. 2625114 Российская Федерация, МПК С 01 В 33/18. Способ получения тонкодисперсного аморфного микрокремнезема золь-гель методом / Селяев В.П., Седова А.А., Куприяшкина Л.И., Осипов А.К., Селяев П.В.; патентообладатель ФГБОУВО «Национальный исследовательский Мордовский гос. унив-т им. Н.П. Огарёва». № 2016115956; заявл. 22.04.2016; опубл. 11.07.17. Бюл. № 20.
21. Пат. 2156734 Российская Федерация, МПК С 01 В 33/18 Способ получения белой сажи / Дружбин Г.А., Карапира Н.И., Кузнецов И.О., Чудновцев В.И.; патентообладатель Кузнецов Игорь Олегович. № 2000107665/12; заявл. 30.03.2000 г.; опубл. 27.09.2000. Бюл. № 27.
22. Нажарова Л.Н. Получение микрочастиц «белой сажи» из кислых золей / Л.Н. Нажарова, Д.И. Галимбекова // *Вестник казанского технологического университета*. – 2010. – № 8. – С. 284-287.
23. ГОСТ 18307-78. Сажа белая. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 19 с.

### References

1. Investigation into the Question of Complex Processing of Bauxites of the Srednetimanskoe Deposit / I.V. Loginova et al // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. – 2013. – V. 54. – P. 143-147. (In English).
2. Loginova I.V. Extraction of Rare-Earth Metals During the Systematic Processing of Diaspore Boehmite Bauxites / I.V. Loginova, A.A. Shoppert, L.I. Chaikin // *Metallurgist*. – 2016. – V. 60. – P. 198-203. (In English).
3. Karshigina Z.B. Kompleksnaya pererabotka kremniisoderzhashchikh mineral'nykh i tekhnogennykh obrazovaniy s polucheniem osazhdennogo dioksida kremniya i izvlecheniem redkozemel'nykh metallov. disS....pHD: zashchishchena 22.12.2016 / Karshigina Zaure Baitasovna. – Almaty, 2016. – 147 s. (In Russian).
4. Sadyralieva U.ZH. Khimicheskoe obogashchenie nefelinovykh sienitov s polucheniem kontsentrata redkozemel'nykh ehlementov / U.ZH. Sadyrgaliev // *Izvestiya VUZov Kyrgyzstana*. – 2015. – № 2. – С. 45-47. (In Russian).
5. Izvlechenie kremniya iz shlakov fosfornogo proizvodstva rastvorami karbonata natriya / E.G. Bochevskaya i dr. // *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya*. – 2006. – № 3. – С. 29-34. (In Russian).

6. Vozmozhnost' ispol'zovaniya otkhodov khimicheskikh i metallurgicheskikh predpriyati Kazakhstana dlya polucheniya osazhennogo dioksida kremniya / Z.S. Abisheva i dr. // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. – 2006 – № 2 – S. 70-75. (In Russian).
7. Alkali fusion-leaching method for comprehensive processing of fly ash / A.A. Shoppert et al // Technogen Conference Proceedings, KnE Materials Science. – 2017. – № 1. – R. 89-96. (In English).
8. Shoppert A.A. Novel Method for Comprehensive Processing of Low-Grade Copper Concentrate / A.A. Shoppert, L.M. Karimova, D.V. Zakharyan // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing IV, Solid State Phenomena. – 2018. – V. 284. – R. 856-862. (In English).
9. A.s. 345763 SSSR, MPK C01B 33/12(2006.01) C09C 1/30(2006.01). Sposob polucheniya beloi sazhi / A.I. Ilyasov, E.P. Poplyakov, V.F. Sobolev; zayavl. 29.04.70; opubl. 30.01.78. Byul. № 4. – 2 s. (In Russian).
10. Osazhdenie amorfnogo dioksida kremniya iz silikatnykh rastvorov, poluchennykh posle pererabotki mineral'noi vysokokremnistoï rudy / E.G. Bochevskaya i dr. // Vestnik nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 12(36), T.1. – S. 18-23. (In Russian).
11. Pat. 24434 RK, S 01 V 33/18. Sposob polucheniya beloi sazhi iz silikatno-kal'tsievyykh shlakov fosfornogo proizvodstva / Abisheva Z.S., Bochevskaya E.G., Karshigina Z.B., Zagorodnyaya A.N., Frangulidi L.KH., Sharipova A.S.; zayavitel' i patentoobladatel' AO «TSNZMO». – № 2008/0542.1; zayavl. 08.05.08. opubl. 15.08.2011, Byul. № 8. (In Russian).
12. Technology of phosphorus slag processing for preparation of precipitated silica. Z.S. Abisheva et al // J. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, July, 2013 – V. 47, № 4. – R. 428-434. (In English).
13. Izvlechenie redkozemel'nykh metallov iz shlakov fosfornogo proizvodstva i poluchenie silikatnogo rastvora / Z.B. Karshigina i dr. // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya. – 2016. – № 2. – S. 18-25. (In Russian).
14. Recovery of rare earth metals and precipitated silicon dioxide from phosphorus slag / Z. Karshigina et al // J. Minerals Engineering. – 2015. – V. 77. – R. 159-166. In English).
15. Bochevskaya E.G. Osazhdenie amorfnogo dioksida kremniya iz silikatnykh rastvorov, poluchennykh posle pererabotki mineral'noi vysokokremnistoï rudy / E.G. Bochevskaya, Z. Karshigina, EH. Sargelova // Vestnik nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 12(36). – S. 18-23. (In Russian).
16. Kutishcheva E.S. Sposoby polucheniya vysokodispersnogo dioksida kremniya / E.S. Kutishcheva, I.O. Usol'tseva, YU.V. Perederin // Polzunovskii vestnik. – 2021. – № 2. – S. 188-193. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.026>. (In Russian).
17. Panina O.D. Issledovanie vliyaniya razlichnykh faktorov na velichinu udel'noi poverkhnosti dioksida kremniya / O.D. Panina, YU.V. Perederin, I.O. Usol'tseva // VI Vserossiiskaya konferentsiya «Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya: dostizheniya i perspektivY», Iz-vo: Kuzbasskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva. – 2022. – S. 116-118. (In Russian).
18. Pat. 2740995 Rossiiskaya Federatsiya, MPK 51 C01B 33/18, C01B 33/193. Sposob polucheniya mikrokremnezema iz prirodno go diatomita osazhdeniem rastvora azotnoi kisloty / Selyaev V.P., Kupriyashkina L.I., Sedova A.A., Karandashov D.L., Mukhanov M.A.; patentoobladatel' FGBOUVO «Natsional'nyi issledovatel'skii Mordovskii gos. univ-t im. N.P. OgarevA». – № 2020116983; zayavl. 22.05.2020; opubl. 22.01.2021. Byul. № 3. (In Russian).
19. Pat. 2023664 Rossiiskaya Federatsiya, MPK S01V 33/18. Sposob polucheniya osazhennogo kremnezemnogo napolnitelya / Derevyanko V.V., Sobolev V.F., Poplyakov E.P., Zverev YU.N., Balabanov V.M.; patentoobladatel' Sobolev Valentin Fedorovich. № 5019457/26; zayavl. 23.09.1991; opubl. 30.11.1994. Byul. № 24. (In Russian).
20. Pat. 2625114 Rossiiskaya Federatsiya, MPK S 01 V 33/18. Sposob polucheniya tonkodispersnogo amorfnogo mikrokremnezema zol'-gel' metodom / Selyaev V.P., Sedova A.A., Kupriyashkina L.I., Osipov A.K., Selyaev P.V.; patentoobladatel' FGBOUVO «Natsional'nyi issledovatel'skii Mordovskii gos. univ-t im. N.P. OgarevA». № 2016115956; zayavl. 22.04.2016; opubl. 11.07.17. Byul. № 20. (In Russian).

21. Pat. 2156734 Rossiiskaya Federatsiya, MPK S 01 V 33/18 Sposob polucheniya beloi sazhi / Druzhbin G.A., Karapira N.I., Kuznetsov I.O., Chudnovtsev V.I.; patentoobladatel' Kuznetsov Igor' Olegovich. № 2000107665/12; zayavl. 30.03.2000 g.; opubl. 27.09.2000. Byul. № 27. (In Russian).
22. Nazharova L.N. Poluchenie mikrochastits «beloi sazhi» iz kislykh zolei / L.N. Nazharova, D.I. Galimbekova // Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2010. – № 8. – S. 284-287.
23. GOST 18307-78. Sazha belaya. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Izd-vo standartov, 1978. – 19 s. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Работа выполнена по грантовому проекту АР 19675340, финансируемому Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.*

**Л.М. Каримова<sup>1,2\*</sup>, Г.Қ. Мақашева<sup>1,2</sup>, Е.Т. Қайралапов<sup>1,2</sup>, Е.М. Харченко<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>ЖШС «Инновация»,

100024, Қазақстан Республикасы, қ. Караганды, Тәттімбет көшесі, 5/2;

<sup>2</sup>ЖШС «КазГидроМедь»,

100000, Қазақстан Республикасы, қ. Караганда, Мәскеу көшесі, 4;

<sup>3</sup>Қарағанды индустриялық университеті,

101400, Қазақстан Республикасы, Теміртау қаласы, Республика даңғылы, 30.

\*e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz

### **ТЕРМОХИМИЯЛЫҚ БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ МЫС ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АҚ КҮЙЕ АЛУ**

*Мақалада мыс қалдықтарын төгу термохимиялық байыту нәтижелері берілген. Концентратты сілтімен агломерациялау бойынша зерттеулер силикат пен натрий алюмосиликатын түзуді анықтады. Ерітіндіге кремнийді экстракциялау 250-500°C аралығындағы агломерация температурасына байланысты 59,96%-дан 70,40%-ға дейін жоғарылайды. Агломерлеу өнім сумен сілтісіздендіру кейін: С:Қ = 3:1, температура 60°C, ұзақтығы 60 минут, торттағы мыс орта есеппен 1,2 есе артады.*

*Силикатты ерітіндіден ақ күйені бөліп алу үшін бейтараптандырғыш ретінде көмірқышқыл газы пайдаланылды. Ақ күйе рециркуляциялық жүйеде рН 9-10-ға дейін жеткізіп, силикат ерітіндісін көмірқышқыл газымен екі сатылы карбонизациялау арқылы алынды. Ақ күйенің меншікті бетінің ауданына ( $S_{sp.}$ , м<sup>2</sup>/г) силикат ерітіндісінің тұндыру ұзақтығының, температурасының және концентрациясының әсері зерттелді. Карбонизация уақыты мен ерітінді температурасының жоғарылауымен ақ күйенің меншікті бетінің ауданы төмендейтіні анықталды. 25 °С температурада процесс ұзақтығы 50 минут және соңғы рН = 9,7 бірлік болатыны анықталды. ақ күйе 200 м<sup>2</sup>/г меншікті бетімен түзіледі.*

*Алюминий оксидінің қоспаларын күкірт қышқылы ерітіндісімен 80°C температурада тазартқаннан кейін BS-100 маркасына сәйкес ақ күйе алынды.*

**Түйін сөздер:** *дәрекі мыс концентраты, агломерлеу, сілтісіздендіру, алу, силикат ерітіндісі, ақ күйе.*

<sup>1</sup>LLP «Innovation»,

100024, Republic of Kazakhstan, Karaganda, str. Tattimbeta, 5/2;

<sup>2</sup>LLP «KazHydroMed»,

100000, Republic of Kazakhstan, c. Karaganda, str. Moskovskaya, 4;

<sup>3</sup>Karaganda Industrial University,

101400, Republic of Kazakhstan, Temirtau city, Respubliki avenue, 30.

\*e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz

### **THERMOCHEMICAL ENRICHMENT OF COPPER TAILINGS WITH OBTAINING WHITE SOOT**

*The article presents the results of thermochemical enrichment of waste copper tailings. Studies on sintering the concentrate with alkali have established the formation of silicate and sodium aluminosilicate. The extraction of silicon into the solution, depending on the sintering temperature in the range of 250-500°C, increases from 59,96% to 70,40%. After water leaching of cake under the following conditions: L:S = 3:1 temperature 60°C; duration of 60 minutes, the copper content in the cake increases on average 1,2 times.*

To isolate white soot from a silicate solution, carbon dioxide was used as a neutralizing agent. White soot was obtained by two-stage carbonization of a silicate solution with carbon dioxide in a recirculation system, bringing the pH to 9-10. The influence of the duration of deposition, temperature, and concentration of the silicate solution on the specific surface area ( $S_{sp}$ ,  $m^2/g$ ) of white soot was studied. It has been established that with increasing carbonization time and solution temperature, the specific surface area of white soot decreases. It was found that at a temperature of 25°C, a process duration of 50 minutes and a final pH = 9,7 units, white soot is formed with a specific surface area of 200  $m^2/g$ .

After removing aluminum oxide impurities with a sulfuric acid solution at a temperature of 80°C, white soot corresponding to the BS-100 grade was obtained.

**Key words:** crude copper concentrate, sintering, leaching, extraction, silicate solution, white soot.

#### Сведения об авторах

**Люция Монировна Каримова\*** – д.т.н., доцент, начальник лаборатории «Металлургия» ТОО «Инновация», ТОО «КазГидроМедь», Республика Казахстан; e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz; lutsia.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6205-6585>.

**Ерлан Токпаевич Кайралапов** – к.т.н., ведущий научный сотрудник ТОО «Инновация», ТОО «КазГидроМедь», Республика Казахстан; e-mail: kairalapov.e73@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4616-5436>.

**Гулдана Какимовна Макашева** – докторант Satbayev University, ТОО «Инновация», Республика Казахстан; e-mail: g.makasheva@kazgidromed.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2875-9433>.

**Елена Михайловна Харченко** – к.т.н., доцент кафедры «Металлургия и материаловедение» Карагандинского индустриального университета; ТОО «Инновация», Республика Казахстан; e-mail: harchenko271279@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5206-2620>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Люция Монировна Каримова\*** – т.ғ.д., доцент, Зертхана меңгерушісі «Металлургия» ЖШС «Инновация», ЖШС «КазГидроМедь», Қазақстан Республикасы; e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz; lutsia.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6205-6585>.

**Ерлан Токпайұлы Қайралапов** – к.т.н., ведущий научный сотрудник ЖШС «Инновация», ЖШС «КазГидроМедь», Қазақстан Республикасы; e-mail: kairalapov.e73@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4616-5436>.

**Гулдана Қакимқызы Мақашева** – докторант Satbayev University, ЖШС «Инновация», Қазақстан Республикасы; e-mail: g.makasheva@kazgidromed.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2875-9433>.

**Елена Михайловна Харченко** – к.т.н., доцент кафедры «Металлургия и материаловедение» Карагандинского индустриального университета; ЖШС «Инновация», Қазақстан Республикасы; e-mail: harchenko271279@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5206-2620>.

#### Information about the authors

**Lyutsiya Monirovna Karimova\*** – d.t.s., Associate Professor, Head of the Metallurgy Laboratory of LLP «Innovation», LLP «KazHydroMed», Republic of Kazakhstan; e-mail: l.karimova@kazgidromed.kz; lutsia.08@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6205-6585>.

**Yerlan Tokpaevich Kayralapov** – Ph.D., leading researcher LLP «Innovation», LLP «KazHydroMed», Republic of Kazakhstan; e-mail: kairalapov.e73@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4616-5436>.

**Guldana Kakimovna Makasheva** – doctoral student at Satbayev University, LLP «Innovation», Republic of Kazakhstan; e-mail: g.makasheva@kazgidromed.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2875-9433>.

**Yelena Mikhailovna Charchenko** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Metallurgy and Materials Science, Karaganda Industrial University; LLP «Innovation», Republic of Kazakhstan; e-mail: harchenko271279@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5206-2620>.

*Поступила в редакцию 20.02.2024*  
*Поступила после доработки 20.03.2024*  
*Принята к публикации 29.03.2024*

**А. Касымбаев<sup>1\*</sup>, К. Смирнова<sup>2</sup>, А. Погребняк<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,  
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова 69<sup>2</sup>Сумской государственный университет,  
40007, Украина, г. Сумы ул. Римского-Корсакова 2

\*e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru

## ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ WN/ZrN КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ

**Аннотация:** Из-за возросших требований к инструментам, используемым в экстремальных условиях эксплуатации продления срока службы инструментов широко используются защитные покрытия. В данной работе исследуются физические закономерности получения покрытий MeN (Me = Zr, Cr, Mo, Nb) многослойных наноконструкций на основе WN, а также влияние на микроструктуру, фазовый состав, а также механические и трибологические свойства. Многослойные покрытия WN/MoN являются новой сферой применения, и для производства этих покрытий впервые используется катодно-дуговое физическое осаждение из паровой фазы (CA-PVD). Кроме того, проводятся расчеты из первых принципов для лучшего понимания свойств осажденных мультислоев. Наблюдаются две микроструктуры покрытия с различными типами решетки: (i) гранецентрированная кубическая и (ii) комбинация гексагональной и ГЦК. Среди исследованных систем WN/NbN демонстрирует превосходные свойства, включая самую низкую удельную скорость изнашивания ( $1,7 \times 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Нм), высокую твердость и заметный индекс пластичности. Отличные трибологические характеристики можно объяснить такими факторами, как низкая шероховатость поверхности, высокая упругая деформация до разрушения, образование трибопленок Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и WO<sub>3</sub> во время скольжения, пластичное поведение NbN и структура наноконструкта.

**Ключевые слова:** покрытие; микроструктура; механические свойства; износостойкость; CA-PVD.

### 1. Введение

В последние десятилетия бурное развитие современных технологий вызвало повышенную потребность в повышении защитных свойств материалов, используемых при производстве различных изделий, таких как режущие инструменты, лопатки турбин, стенки реакторов, биомедицинские имплантаты. Ключевые свойства, которые востребованы в этих материалах, включают повышенную твердость, увеличенный срок службы и повышенную стойкость к износу и окислению, особенно при воздействии высоких температур. Для эффективного удовлетворения этих требований широко распространен подход, заключающийся в нанесении тонкого покрытия с определенными характеристиками на поверхность основного материала. Этот защитный слой служит для защиты материала от разрушения во время эксплуатации в экстремальных условиях. В частности, для этой цели приобрели популярность многослойные конструкции [1,2].

Со второй половины 20-го века многослойные нитридные покрытия стали предметом интенсивных исследований, которые привели к разработке возможных применений в промышленности, аэрокосмической и медицинской областях. С момента первоначального упоминания об этих структурах и до настоящего времени исследователи собрали значительное количество данных о методах осаждения, достижениях, характеристиках и текущем использовании [1-4]. Интересно, что бинарные нитриды продемонстрировали лучшие характеристики металлов, чем последовательности металлов [2,5-8]. Многослойные нитридные покрытия также обеспечивают выдающиеся механические, оптические, электрические и магнитные свойства, а также исключительную устойчивость к износу и коррозии [9-11].

Структура нитридных материалов и виды связей, возникающих между составляющими их элементами, неразрывно связаны с их особыми свойствами. Нитриды, расположенные в междоузлиях (октаэдрических отверстиях) плотноупакованной решетки, по существу представляют собой простые металлические структуры, состоящие из крошечных атомов азота. Для нитридов металлов характерна ГЦК [12,13] или ГПУ кристаллическая решетка с атомами неметаллов, рассредоточенными в междоузельном пространстве несколько беспорядочно. Вид переходного металла, который реагирует с азотом, можно определить по одной из трех возможных связей между атомами, и эта концепция допускает некоторые практические модификации [14-16]. К ним относятся ковалентные связи, возникающие между атомом металла в *d*-состоянии и азотом в *p*-состоянии, металлические связи с конечной плотностью состояний на уровне Ферми (*EF*), а также ионные связи, возникающие в результате переноса электронов от атомов металла к азоту, что обычно требует большой разницы в электроотрицательности между вовлеченными элементами [2,17].

Среди различных составов бинарных многослойных нитридных покрытий на основе нитрида вольфрама (WN) до сих пор широко не исследовались. Несмотря на это, WN известен своими выдающимися качествами, такими как высокая твердость, химическая стабильность и впечатляющие трибологические характеристики [18,19]. Лишь ограниченное количество исследований изучало многослойные системы нитрида вольфрама в сочетании с нитридами различных переходных металлов. В частности, исследование, проведенное Duh и др. и Li и др. сосредоточилось на тонких пленках, сочетающих CrN/WN, полученных с помощью таких методов, как магнетронное распыление и ионно-лучевое осаждение [20-23].

В этих исследованиях система CrN/WN неизменно демонстрировала положительные результаты. Внедрение структуры керамика/керамика привело к улучшению трибологических свойств, что проявляется в повышенной твердости многослойной системы (в диапазоне от 28,6 до 30,5 ГПа) по сравнению с отдельными слоями (24,3 ГПа для WN и 17,4 ГПа для CrN) [22]. Кроме того, включение ZrN в наноразмерные многослойные покрытия на основе WN привело к еще более высокой твердости – примерно 34 ГПа [24]. Кроме того, было обнаружено, что сочетание TiN и WN в многослойной архитектуре улучшает механические свойства и поведение обоих материалов при окислении [25-28].

Таким образом, текущее состояние исследований подчеркивает перспективность многослойных материалов на основе WN для трибологических применений. Ожидается, что эти покрытия выдержат сложные условия, такие как суровая сухая механическая обработка и высокоскоростная резка.

Анализ предыдущих исследований подчеркивает ключевую роль, которую играет износостойкий и твердый нитрид вольфрама (WN) в достижении высоких характеристик в многослойных бинарных нитридах [29,30]. Однако значение второго слоя нельзя недооценивать. Состав этого слоя существенно влияет на конечные свойства покрытия, улучшая или ухудшая функциональные свойства нитрида вольфрама. Примечательно, что все ранее изученные бинарные нитридные мультислои на основе WN были синтезированы исключительно с использованием методов магнетронного распыления и ионно-лучевого осаждения. Метод катодно-дугового физического осаждения из паровой фазы (CA-PVD), характеризующийся высокой степенью ионизации, позволяющий контролировать энергию ионного удара, не использовался для таких систем покрытия. Метод CA-PVD имеет множество преимуществ: точный стехиометрический контроль, хорошая адгезия, высокая скорость осаждения, испарение материала при низком напряжении (10–15 В), промышленная совместимость. Таким образом, основной целью данного исследования было выяснить, как второй слой влияет на микроструктуру, механические характеристики и трибологические характеристики многослойных покрытий CA-PVD на основе WN [31].

На высокотемпературные свойства многослойных материалов положительно влияют нитриды хрома и циркония, а также они работают совместно с нитридом вольфрама. Ожидается, что нитрид молибдена уменьшит износ и коэффициент трения за счет образования смазочной фазы Магнели [20,32–35]. Внедрение нитрида ниобия оптимизирует характеристики нитрида вольфрама благодаря его высокой твердости и износостойкости.



Примечательно, что сочетание WN и MoN в одной многослойной структуре ранее не изучалось [36,37].

В данном исследовании были исследованы физические закономерности получения WN/ZrN композитных покрытий методом вакуумного дугового осаждения. Кроме того, было проведено сравнение структурных особенностей, механических свойств и прочности сцепления с целью определения наиболее подходящего бинарного нитрида для многослойных материалов на основе WN.

## 2. Материалы и методы

2.1. Процедура осаждения. Многослойные покрытия WN/MeN (Me = Cr, Zr, Mo, Nb) были изготовлены методом дугового вакуумного осаждения на модернизированном оборудовании «БУЛАТ-6». Подложкой служила нержавеющая сталь Х6ХНТ18-11. После ультразвуковой очистки в ацетоне следовала бомбардировка ионами Ag<sup>+</sup> в вакуумной камере для устранения остаточных поверхностных загрязнений. Для создания различных систем покрытий использовались пять чистых металлических мишеней (W, Cr, Zr, Mo и Nb, чистота 99,5%) из Харьковского физико-технического института. Во время осаждения рабочее давление составляло 0,73 Па, температура подложки поддерживалась на уровне 400°С, подложки были смещены до -150 В, а ток дуги был установлен на уровне 100 А. Расстояние между мишенью и подложкой было фиксированным и составляло 60 мм.

2.2. Химический состав и анализ микроструктуры. Для фазового анализа использовали рентгеновскую дифракцию на рентгеновском дифрактометре Panalytical Empyrean. Остаточные напряжения были проанализированы с использованием метода XRD с методом  $\omega$ -2 $\theta$ . Модули упругости для расчета остаточных напряжений были получены из измерений наноиндентирования, а коэффициенты Пуассона были взяты из литературы. Для изучения морфологии и поперечного сечения мультислоев WN/MeN использовался сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения JEOL JSM 7600F (FE-SEM) с визуализацией обратных электронов (BSE). Характеризацию химического состава проводили с помощью рентгеновской спектроскопии с дисперсией по длине волны (WDS), оснащенной спектрометром Oxford Instruments Inca Wave.

2.3. Механические свойства и трибологическое поведение. Нанотвердость и приведенный модуль Юнга оценивали с помощью наноиндентора Anton Paar NHT2.

## 3. Результаты и обсуждение

Морфология поперечного сечения WN/ZrN, WN/CrN, WN/MoN и WN/NbN представлены на рисунке 1. Все многослойные покрытия продемонстрировали четко выраженную слоистость. Яркие слои были назначены WN, а темные принадлежали MeN (Me = Zr, Cr, Mo, Nb). При визуализации с помощью обратного рассеяния электронов более тяжелые элементы могут отклонять падающие электроны сильнее, чем легкие элементы. Следовательно, более тяжелые элементы кажутся ярче. Общая толщина покрытия варьировалась от 4,7 до 5,6 мкм. Кинетическая энергия ионов, генерируемых при катодно-дуговом испарении, может быть использована для объяснения уменьшения толщины бислоя мультислоев, образованных из Cr и Mo катодов. Его характерной формой является производство ионов с различной энергией от 20 до 200 эВ [38]. Значительное отличие энергии ионов W от ионов Cr и Mo ( $E_{Cr} = 71,6$  эВ,  $E_{Mo} = 149$  эВ,  $E_W = 117$  эВ) [3,39] ведет к перемешиванию во время осаждения и к уменьшению толщины бислоя.

На рисунке 2 представлены рентгеновские спектры наноструктурированных покрытий из MeN/WN (Me = Zr, Cr, Mo и Nb). Фазовый анализ показал, что слой WN, общий для всех мультислоев, представляет собой фазу W<sub>2</sub>N типа ГЦК NaCl (JCPDF 00-025-1257). Образование однофазной ГЦК-структуры в нитриде вольфрама возможно в диапазоне 30 ат.% < N < 55 ат.%, что хорошо согласуется с наблюдениями в этом исследовании. Но каждая система покрытия имеет уникальный внутренний второй нитридный слой. Покрытия можно разделить на две категории в зависимости от структуры второго слоя: (i) WN/ZrN и WN/CrN (рис. 2a), (ii) WN/MoN и WN/NbN (рис. 2b).

Основная тенденция, наблюдаемая в первой группе мультислоев, заключалась в изоструктурном росте в процессе осаждения. По результатам РДА слои CrN и ZrN, подобные WN, имели структуру NaCl-ГЦК F<sub>m3m</sub>. На рисунке 2a в спектрах показаны дифракционные пики для (111), (200), (220) и (311), соответствующие CrN (F<sub>m3m</sub>, JCPDS 11-0065), ZrN (F<sub>m3m</sub>, JCPDS

35-0753) и W<sub>2</sub>N (F<sub>m3m</sub>, JCPDS 25-1257). В покрытии WN/ZrN рефлексы (311) были немного более заметными, но существенной предпочтительной ориентации не было очевидно. Напротив, WN/CrN имел заметную текстуру (200). Из-за схожести параметров решетки (несовпадение 0,45%) пики CrN и W<sub>2</sub>N на рентгенограмме перекрывались. И наоборот, фазы, составляющие покрытие WN/ZrN, были четко разделены из-за разницы в ГЦК-решетках на 8,1%.

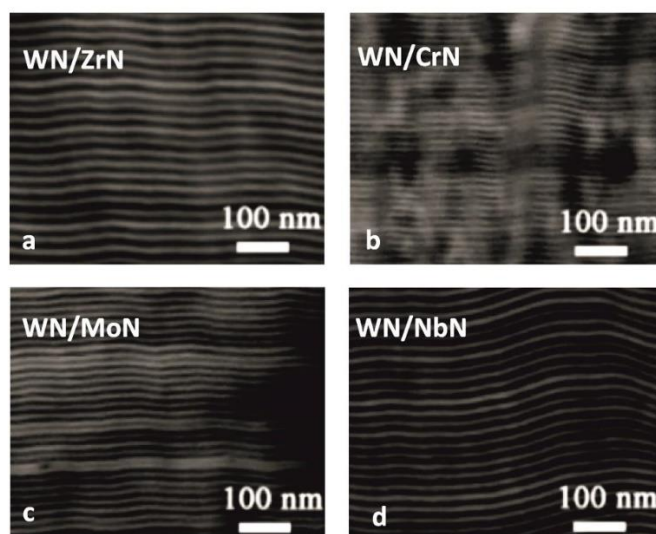


Рисунок 1 – РЭМ-изображения поперечного сечения многослойных систем покрытий на основе WN

Кроме того, дифракционные пики смещались в сторону меньших углов, что потенциально было вызвано внутренними напряжениями во время осаждения или остаточными напряжениями сжатия, возникающими из-за несоответствия коэффициентов теплового расширения. Покрытия WN/CrN и WN/ZrN имели остаточные напряжения сжатия примерно  $-7462,7 \pm 245,5$  МПа и  $-4865,6 \pm 306,6$  МПа. Незначительные сдвиги пиков в сторону меньших углов  $2\theta$  наблюдались в плоскостях (200) и (111) ZrN и W<sub>2</sub>N соответственно, возможно, из-за дефектов упаковки и деформации решетки.

Мультислои второй группы имели характерную поликристаллическую структуру с ГЦК- и гексагональными фазами в слоях MoN и NbN. Однако слой WN в обоих покрытиях сохранил единственную ГЦК-структуру. Хотя рентгеноструктурный анализ не обнаружил кубического  $\gamma$ -Mo<sub>2</sub>N, анализ HR-TEM подтвердил его присутствие. Покрытие WN/MoN включало фазы ГЦК-W<sub>2</sub>N, гексагональную  $\delta$ -MoN (P<sub>31m</sub>),  $\delta$ 3-MoN (P<sub>63mc</sub>) и ГЦК-Mo<sub>2</sub>N (F<sub>m3m</sub>) (рис. 2b). Несмотря на отсутствие кубического  $\gamma$ -Mo<sub>2</sub>N в рентгеноструктурном анализе, WDS-анализ показал содержание азота около 54,2 ат.%, что способствует образованию стехиометрических гексагональных фаз MoN. Пики сместились в сторону меньших углов дифракции, что указывает на расширение решетки и более высокие сжимающие напряжения. Покрытие имело остаточное напряжение сжатия примерно  $-7226,2 \pm 618,8$  МПа.

Среди четырех мультислоев на основе нитрида вольфрама (WN) наиболее благоприятные механические свойства продемонстрировал WN/NbN. В частности, он показал высокую твердость ( $35,7 \pm 1,2$  ГПа) наряду с самым низким модулем Юнга ( $383,9 \pm 27,6$  ГПа), как показано на рисунке 3а. Модуль Юнга является важнейшим параметром, характеризующим жесткость материала. Хотя повышенная твердость желательна для покрытий, используемых в трибологии, низкий модуль Юнга необходим для повышения устойчивости к деформации. Следовательно, покрытия с низким модулем Юнга и высоким соотношением H/E около 0,1 считаются упругими.

Эти результаты можно объяснить нанокompозитной природой слоев NbN, которые состоят из двух нанокристаллических фаз (гексагональной и кубической). Гексагональная фаза  $\delta'$ -NbN, характеризующаяся более высокой ковалентностью, способствует повышению

твердости, что объясняет наблюдаемую высокую твердость покрытия WN/NbN. Структура нанокompозита, объединяющая эти две фазы в слоях NbN и многослойную архитектуру покрытий WN/NbN, придает повышенную эластичность и устойчивость к растрескиванию.

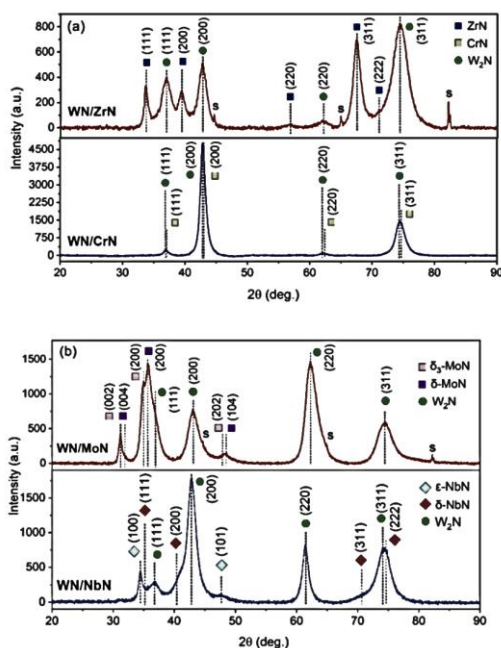


Рисунок 2 – Рентгенограммы многослойных покрытий на основе WN: (а) WN/CrN и WN/ZrN; (б) WN/MoN и WN/NbN

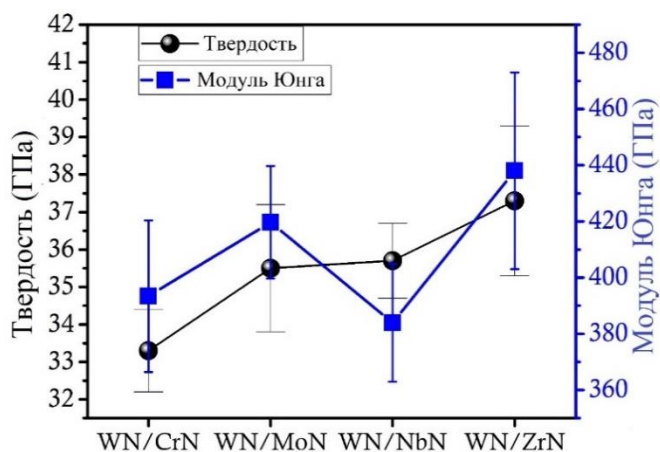


Рисунок 3 – Твердость и модуль Юнга

### Заключение

Исследование нанокompозитных многослойных покрытий (WN/ZrN, WN/CrN, WN/MoN и WN/NbN), нанесенных методом CA-PVD, существенно повлияло на микроструктуру, механические свойства, характеристики трения и износостойкость многослойных покрытий на основе нитрида вольфрама.

В зависимости от микроструктуры, полученные композитные покрытия можно разделить на две группы: (i) все составляющие слои имеют кубическую структуру типа NaCl (WN/Zr и WN/CrN) и (ii) слои WN, содержащие ГЦК-фазу  $W_2N$ , в то время как в других слоях наблюдается сочетание гексагональной и ГЦК-кубических фаз типа NaCl ( $\delta$ -MoN,  $\delta_3$ -MoN и  $\gamma$ -Mo<sub>2</sub>N в WN/MoN, а также  $\epsilon$ -NbN и  $\delta$ -NbN в WN/NbN).

Все системы покрытий WN/ZrN, WN/CrN, WN/MoN и WN/NbN продемонстрировали высокую твердость в диапазоне от  $33,3 \pm 1,7$  ГПа до  $37,3 \pm 2,4$  ГПа. Многослойный материал WN/NbN продемонстрировал максимальное значение упругой деформации до разрушения

(отношение Н/Е) около 0,093. Значения коэффициента трения были одинаковыми для всех покрытий и находились в диапазоне от 0,47 до 0,55.

Следовательно, многослойное покрытие WN/NbN, обладающее исключительной износостойкостью и механическими свойствами, является перспективным в качестве эффективного твердого защитного покрытия для требовательных трибологических применений.

### Список литературы

1. Barshilia H.C. Structure, hardness and thermal stability of nanolayered TiN/CrN multilayer coatings / H.C. Barshilia, A. Jain, K.S. Rajam // *Vacuum*. – 2003. – Vol. 72, № 3. – P. 241-248.
2. Pogrebnyak A. Nanocomposite Multilayer Binary Nitride Coatings Based on Transition and Refractory Metals: Structure and Properties / A. Pogrebnyak, K. Smyrnova, O. Bondar // *Coatings*. – 2019. – Vol. 9, № 3. – P. 155.
3. Microstructure, Mechanical and Tribological Properties of Advanced Layered WN/MeN (Me = Zr, Cr, Mo, Nb) Nanocomposite Coatings / K. Smyrnova et al. // *Nanomaterials*. – 2022. – Vol. 12, № 3. – P. 395.
4. Structural Phase Transformations in Detonation Coatings Based on Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> after Pulse-Plasma Effect / B. Rakhadilov et al. // *Crystals (Basel)*. – 2022. – Vol. 12, № 10. – P. 1388.
5. Structural, mechanical and tribocorrosion behaviour in artificial seawater of CrN/AlN nanomultilayer coatings on F690 steel substrates / F. Ma et al. // *Appl Surf Sci*. – 2018. – Vol. 428. – P. 404-414.
6. Mechanical and tribological properties of TiN/Ti multilayer coating / Y.H. Cheng et al // *Surf Coat Technol*. – 2010. – Vol. 205, № 1. – P. 146-151.
7. Microstructures and properties of Zr/CrN multilayer coatings fabricated by multi-arc ion plating / X. Guan et al // *Tribol Int*. – 2017. – Vol. 106. – P. 78-87.
8. Tribology of multilayer coatings for wear reduction: A review / M. Khadem et al. // *Friction*. – 2017. – Vol. 5, № 3. – P. 248-262.
9. Toughness enhancement in hard ceramic thin films by alloy design / H. Kindlund et al // *APL Mater*. – 2013. – Vol. 1, № 4.
10. Investigation of wear dynamics for cutting tools with multilayer composite nanostructured coatings in turning constructional steel / A. Vereschaka et al. // *Wear*. – 2019. – Vol. 420-421. – P. 17-37.
11. Structures and properties of hard and superhard nanocomposite coatings / A.D. Pogrebnyak et al // *Physics-Uspekhi*. – 2009. – Vol. 52, № 1. – P. 29-54.
12. Needham P. The source of chemical bonding / P. Needham // *Studies in History and Philosophy of Science Part A*. – 2014. – Vol. 45. – P. 1-13.
13. Gaffney J.S. Chemical Bonding – The Formation of Materials / J.S. Gaffney, N.A. Marley // *General Chemistry for Engineers*. – 2018. – P. 75-116.
14. Mechanical properties of boron nitride thin films prepared by atomic layer deposition / M. Weber et al // *CrystEngComm*. – 2017. – Vol. 19, № 41. – P. 6089-6094.
15. Novel and Facile Route for the Synthesis of Tunable Boron Nitride Nanotubes Combining Atomic Layer Deposition and Annealing Processes for Water Purification / M. Weber et al // *Adv Mater Interfaces*. – 2018. – Vol. 5, № 16.
16. Stephanos J.J. Chemical Bonding / J.J. Stephanos, A.W. Addison // *Electrons, Atoms, and Molecules in Inorganic Chemistry*. – 2017. – P. 147-226.
17. Mayrhofer P.H. Self-Organized Nanostructures in Hard Ceramic Coatings / P.H. Mayrhofer, C. Mitterer, H. Clemens // *Adv Eng Mater*. – 2005. – Vol. 7, № 12. – P. 1071-1082.
18. Tribological properties and oxidation resistance of tungsten and tungsten nitride films at temperatures up to 500 °C / D. Javdošňák et al // *Tribol Int*. – 2019. – Vol. 132. – P. 211-220.
19. Influence of process parameters on properties of reactively sputtered tungsten nitride thin films / M.L. Addonizio et al // *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*. – 2012. – Vol. 30, № 3.
20. Microstructure, mechanical and tribological properties of CrN/W<sub>2</sub>N multilayer films deposited by DC magnetron sputtering / R.L. Li et al // *Surf Coat Technol*. – 2009. – Vol. 204, № 4. – P. 470-476.

21. Tsai Y.-Z. Thermal stability and microstructure characterization of CrN/WN multilayer coatings fabricated by ion-beam assisted deposition / Y.-Z. Tsai, J.-G. Duh // Surf Coat Technol. – 2005. – Vol. 200, № 5-6. – P. 1683-1689.
22. Tsai Y.-Z. Tribological behavior of CrN/WN multilayer coatings grown by ion-beam assisted deposition / Y.-Z. Tsai, J.-G. Duh // Surf Coat Technol. – 2006. – Vol. 201, № 7. – P. 4266-4272.
23. Wu F.-B. Manufacture, microstructure and mechanical properties of CrWN and CrN/WN nanolayered coatings / F.-B. Wu, S.-K. Tien, J.-G. Duh // Surf Coat Technol. – 2005. – Vol. 200, № 5-6. – P. 1514-1518.
24. Influence of Ar/N<sub>2</sub> flow ratio on structure and properties of nanoscale ZrN/WN multilayered coatings / M.X. Wang et al // Surf Coat Technol. – 2007. – Vol. 201, № 9-11. – P. 5472-5476.
25. Characteristics of TiN/W<sub>2</sub>N multilayers prepared using magnetron sputter deposition with dc and pulsed dc powers / C.-L. Chang et al // Surf Coat Technol. – 2016. – Vol. 303. – P. 25-31.
26. Toughness enhancement in TiN/WN superlattice thin films / J. Buchinger et al // Acta Mater. – 2019. – Vol. 172. – P. 18-29.
27. Ye F. The elevated-temperature wear properties of TiN and TiN/W<sub>2</sub>N coatings / F. Ye, H. Zhao, X. Tian // Mater Res Express. – 2018. – Vol. 5, № 10. – P. 106404.
28. Zhao H. Compared the oxidation behavior of TiN and TiN/W<sub>2</sub>N ceramic coatings during heat treatment / H. Zhao, P. Mi, F. Ye // Mater Chem Phys. – 2018. – Vol. 217. – P. 445-450.
29. Panda R.N. Synthesis of High Surface Area W<sub>2</sub>N and Co–W–N Nitrides by Chemical Routes / R.N. Panda, S.B. Dalavi, J. Theerthagiri // Adsorption Science & Technology. – 2012. – Vol. 30, № 4. – P. 345-354.
30. Polcar T. Structural and tribological characterization of tungsten nitride coatings at elevated temperature / T. Polcar, N.M.G. Parreira, A. Cavaleiro // Wear. – 2008. – Vol. 265, № 3-4. – P. 319-326.
31. Introduction to solar energy and its conversion into electrical energy by using dye-sensitized solar cells / N.H. Rased et al // Energy Materials. – 2021. – P. 139-178.
32. Molybdenum Nitride Films: Crystal Structures, Synthesis, Mechanical, Electrical and Some Other Properties / I. Jauberteau et al // Coatings. – 2015. – Vol. 5, № 4. – P. 656-687.
33. Balasubramanian K. Phase stability and mechanical properties of Mo<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> with 0 ≤ x ≤ 1 / K. Balasubramanian, L. Huang, D. Gall // J Appl Phys. – 2017. – Vol. 122, № 19.
34. The Effect of Substrate Treatment on the Properties of TiAlSiYN/CrN Nanocomposite Coatings / A. Pogrebnyak et al // Surfaces and Interfaces. – 2022. – Vol. 30. – P. 101902.
35. Effects of RF magnetron sputtering power on the structure and nanohardness of high-entropy alloys (TiVCrNbSiTaBY)N hard coatings / X. Zhang et al // Ceram Int. – 2023. – Vol. 49, № 20. – P. 33418-33424.
36. Phase composition and mechanical properties of homostructure NbN nanocomposite coatings deposited by modulated pulsed power magnetron sputtering / Y.G. Li et al // Surf Coat Technol. – 2020. – Vol. 385. – P. 125387.
37. Structure and properties of NbN/MoN nano-multilayer coatings deposited by magnetron sputtering / T. Wang et al // J Alloys Compd. – 2017. – Vol. 729. – P. 942-948.
38. Insights into surface modification and erosion of multi-element arc cathodes using a novel multilayer cathode design / M. Golizadeh et al // J Appl Phys. – 2020. – Vol. 127, № 11.
39. Anders A. Unfiltered and Filtered Cathodic Arc Deposition / A. Anders // Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. – 2010. – P. 466-531.

**А. Касымбаев<sup>1\*</sup>, К. Смирнова<sup>2</sup>, А. Погребняк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
070004, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., Протозанова көш. 69

<sup>2</sup>Сумы мемлекеттік университеті,  
40007, Украина, Сумы қ., Римский-Корсаков көш.2

\*e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru

### **WN/ZrN ҚҰРАМАЛЫ ҚАПТАМАЛАРДЫ ВАКУУМДЫҚ ДОҒАЛЫҚ ТҮНДІРУ ӨДІСІМЕН АЛУДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ЗАҢДАЛЫҚТАРЫ**

*Құралдың қызмет ету мерзімін ұзарту үшін экстремалды жұмыс жағдайында қолданылатын құралдарға қойылатын талаптардың жоғарылауына байланысты қорғаныс жабындары кеңінен*

қолданылады. Бұл жұмыста WN негізіндегі көпқабатты нанокөпозиттердің MeN жабындарын (Me = Zr, Cr, Mo, Nb) алудың физикалық принциптері, сонымен қатар микроқұрылымға, фазалық құрамына, сонымен қатар механикалық және трибологиялық қасиеттерге әсері қарастырылады. Көпқабатты WN/MoN жабындары қолданудың жаңа саласы болып табылады және катодтық доғаның физикалық буының тұндыруы (CA-PVD) бұл жабындарды өндіру үшін алғаш рет қолданылады. Сонымен қатар, тұндырылған көпқабаттардың қасиеттерін жақсырақ түсіну үшін бірінші принциптер бойынша есептеулер орындалады. Әр түрлі тор түрлері бар екі жабын микроқұрылымы байқалады: (i) бетке бағытталған текше және (ii) алтыбұрышты және fcc комбинациясы. Зерттелген жүйелердің ішінде WN/NbN ең төменгі тозу жылдамдығын ( $1,7 \times 10^{-6}$  мм<sup>3</sup>/Нм), жоғары қаттылықты және керемет икемділік индексын қоса алғанда, жоғары қасиеттерді көрсетеді. Өте жақсы трибологиялық өнімділікке бетінің төмен кедір-бұдырлығы, бұзылу алдындағы жоғары серпімді деформация, сырғанау кезінде Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> және WO<sub>3</sub> трибопленкаларының пайда болуы, NbN икемділігі және нанокөпозиттік құрылым сияқты факторларға жатқызуға болады.

**Түйін сөздер:** покрытие; микроструктура; механические свойства; износостойкость; CA-PVD

**A. Kasymbayev<sup>1\*</sup>, K. Smirnova<sup>2</sup>, A. Pogrebnyak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> D. Serikbaev East Kazakhstan Technical University,  
070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Protozanova 69 st.

<sup>2</sup> Sumy State University,  
40007, Ukraine, Sumy, 2 Rimsky-Korsakov st.

\*e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru

*Due to the increased demands on tools used in extreme operating conditions, protective coatings are widely used to extend the service life of tools. This work examines the physical principles of obtaining MeN coatings (Me = Zr, Cr, Mo, Nb) of multilayer nanocomposites based on WN, as well as the effect on the microstructure, phase composition, as well as mechanical and tribological properties. Multilayer WN/MoN coatings are a new field of application, and cathodic arc physical vapor deposition (CA-PVD) is used for the first time to produce these coatings. In addition, first-principles calculations are performed to better understand the properties of the deposited multilayers. Two coating microstructures with different lattice types are observed: (i) face-centered cubic and (ii) a combination of hexagonal and fcc. Among the systems studied, WN/NbN exhibits superior properties, including the lowest specific wear rate ( $1.7 \times 10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/Nm), high hardness, and a remarkable ductility index. The excellent tribological performance can be attributed to factors such as low surface roughness, high elastic strain before failure, formation of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and WO<sub>3</sub> tribofilms during sliding, ductile behavior of NbN, and nanocomposite structure.*

**Key words:** coating; microstructure; mechanical properties; wear resistance; CA-PVD

#### Сведения об авторах

**Алексей Касымбаев\*** – докторант, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск; e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6588-8098>.

**Катерина Смирнова** – докторант, кафедра наноэлектроники и модификации поверхности, Сумской государственной университет, Украина, г. Сумы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8993-996X>.

**Александр Дмитриевич Погребняк** – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой наноэлектроники и модификации поверхности, Сумской государственной университет, Украина, г. Сумы; e-mail: alexp@i.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9218-6492>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Алексей Касымбаев\*** – докторанты, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.; e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6588-8098>.

**Катерина Смирнова** – докторанты, Наноэлектроника және беттік модификация кафедрасы, Сумы мемлекеттік университеті, Украина, Сумы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8993-996X>.

**Александр Дмитриевич Погребняк** – физика-математика ғылымдарының докторы, Наноэлектроника және бетті модификациялау кафедрасының меңгерушісі, Сумы мемлекеттік университеті, Украина, Сумы; e-mail: alexp@i.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9218-6492>.

### Information about the authors

**Alexey Kasymbayev\*** – PhD student D. Serikbaev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk; e-mail: alexey\_kasymbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6588-8098>.

**Katerina Smirnova** – Ph.D. student, Department of Nanoelectronics and Surface Modification, Sumy State University, Ukraine, Sumy. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8993-996X>.

**Alexander Dmitrievich Pogrebnyak** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Nanoelectronics and Surface Modification, Sumy State University, Ukraine, Sumy; e-mail: alexp@i.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9218-6492>.

Поступила в редакцию 11.01.2024  
Поступила после доработки 07.04.2024  
Принята к публикации 08.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-57

МРНТИ: 67.09.31.



**А.Б. Кенесбеков<sup>1,2\*</sup>, Б.К. Рахадиллов<sup>1,3</sup>, Ж.Б. Сагдолдина<sup>3</sup>, А.Е. Кусайынов<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Институт композиционных материалов,  
070010, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 39

<sup>2</sup>ТОО «PlasmaScience»,

070010, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Гоголя, 7Г

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова,  
070010, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, пр. Шакарима 148

\*e-mail: aidar.94.01@mail.ru

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА СПЕЦИАЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНГИДРИТОВЫХ ВЯЖУЩИХ

**Аннотация:** В работе изучена технология получения плавиковой кислоты и особенности ее производства, а также выполнены физико-химические исследования свойств отхода. Подобраны активаторы, ускоряющие твердение ангидритового вяжущего. Был исследован процесс утилизации фторангидритового отхода производства плавиковой кислоты АО «Ульбинский металлургический завод» и получено ангидритовое безобжиговое вяжущее со сроками схватывания 30 мин. На основе полученных данных разработана технологическая схема изготовления изделий из ангидритового вяжущего. Эффективность принятой технологической схемы подтверждено экспериментально. Так же данная работа направлена на изучение возможности комплексного использования вторичного и техногенного сырья Ульбинского металлургического завода, которое в конечном счете приобретает значение не только важного резерва увеличения эффективности производства, экономической выгоды, сокращения нерационального отчуждения земельных ресурсов, но и защите от загрязнений водного и воздушного бассейна, так как вопросы экологической политики АО «УМЗ» в настоящее время являются актуальными. При исследовании характеристики техногенных отходов производства фтористоводородной кислоты, была показана их потенциальная пригодность для производства, ангидритового вяжущего и строительных материалов на его основы. Установлено влияние дисперсности известняка на полноту реакции нейтрализации.

**Ключевые слова:** Фторгипс, ангидрит, плавиковая кислота, ангидритовое вяжущее, активация, активатор.

### Введение

Как известно, наряду с уровнем качества в определении конкурентоспособности строительных материалов одним из важнейших факторов является их низкая себестоимость, что достигается энерго- и ресурсосберегающими технологическими решениями. С интенсивным развитием строительной индустрии существует актуальность производства высококачественных и конкурентоспособных в стоимостных отношениях гипсовых вяжущих материалов и изделий на их основе [1,2]. Они характеризуются легкостью, простотой изготовления, хорошей тепло- и звукоизоляционными свойствами, биологической стойкостью,

огнестойкостью, химической нейтральностью, а также высокими архитектурно-декоративными и гигиеническими качествами.

В настоящее время для производства гипсовых вяжущих материалов используют в основном природное гипсовое сырье. Однако, в регионах, где отсутствуют разведанные запасы природного гипсового камня, потенциальным сырьем для производства гипсовых вяжущих материалов являются гипсосодержащие отходы техногенного происхождения. Более того, при существующей экологической ситуации вовлечение техногенных отходов в производство тех или иных необходимых материальных ресурсов других отраслей промышленности является одним из оптимальных решений задач охраны окружающей среды. Удаление гипсосодержащих отходов в отвалы и их содержание требуют значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Кроме того, их хранение требуют больших площадей под их складирование, ухудшает санитарное состояние территории, на которой расположено данное производство.

На сегодняшний день исследованы в качестве сырья более 50 видов гипсо- и ангидритосодержащих отходов промышленности такие как: фосфогипс, фосфополугидрат сульфата кальция, фторангидрит, борогипс, титаногипс, кремнегипс, гидролизный гипс, цитрогипс, сульфогипс – отход при десульфуризации дымовых газов ТЭЦ и другие продукты нейтрализации сернокислотных или кальциевых стоков различных производств. В некоторых работах предлагается использовать синтетический дигидрат сульфата кальция, получаемый из меловой суспензии и серной кислоты [3,4].

В связи с тем, что Восточно-Казахстанская область не располагает природным гипсовым сырьем, то наибольший интерес представляет фторангидрит – кислый безводный сульфат кальция, попутный продукт производства плавиковой кислоты АО «Ульбинский металлургический завод» получаемый путем термического разложения флюоритового концентрата серной кислотой. В результате производства 1 т плавиковой кислоты образуется 1,8 т отхода. количество образования которых в ближайшие годы будет составлять 30-35 тысяч тонн ежегодно, а с учетом возможного создания новых производств может составить более 100 тысяч тонн ежегодно.

В связи с вышеизложенным, целью выполнения данной работы является подбор рецептуры активирующих добавок для получения, ангидритового вяжущего из фторгипса, которое будет использоваться для изготовления пазогребневых плит.

#### **Методы исследования**

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

– провести комплекс исследований по нейтрализации кислого фторангидритового отхода;

– подобрать активаторы, ускоряющие твердение ангидритового вяжущего;

Сырьем, для получения, ангидритового вяжущего согласно цели данной работы является гипсосодержащий отход производства плавиковой кислоты. Непосредственно выходящий из печи отход представляет собой гранулированный материал серого цвета, размеры гранул которого составляют от 0,3 мм до (60...70) мм. Физико-химические характеристики данного отхода и возможность получения из него вяжущего материала были ранее исследованы, результаты исследований изложены в [5] и [6]. Согласно вышеназванным источникам свойства отхода, полученного в разное время, близки между собой, что свидетельствуют о достаточно однородном составе выходящего отхода и стабильности режима их получения. Химический состав отхода следующий (мас., %): CaO – 28...39; SO<sub>3</sub> – 38...56; SiO<sub>2</sub> – 0.2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.3; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.01; TiO<sub>2</sub> – 0.012; Na – 0.015; K – 0.01; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 10...15; CaF<sub>2</sub> – 3, HF – 0,3.

Кристаллическая структура состоит из тонкодисперсных полупрозрачных идиоморфных кристаллов ангидрита размером 5-10 мкм. Средний показатель преломления N=1,57. В виде примесей наблюдалось HF, флюорит CaF<sub>2</sub> и гидроксиды железа. Общее содержание ангидрита составляет около 95%. Фазовый состав гипсосодержащего отхода определен рентгенофазовым методом. Кислый отход идентифицируется как CaSO<sub>4</sub> - сульфат кальция. Нейтрализованный отход представляет собой ангидрид орторомбической структуры.

Водопотребность ангидритового вяжущего определялась по прибору Вика с пестиком.



Нейтрализация отхода производилась известняком сухим способом до достижения уровня pH ~ 9. Известняк вводился в порошкообразном виде. Контролировалась удельная поверхность ( $S_{уд}$ ) известняка, т.к. является наиболее полной характеристикой дисперсности порошкообразных материалов.

Технологическая схема нейтрализации отходов показана на рисунке 1.

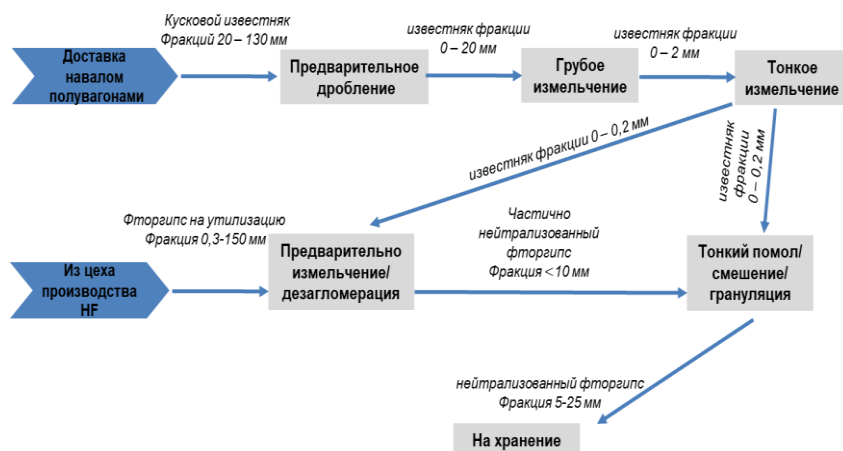


Рисунок 1 – Технологическая схема нейтрализации фторгипса

Исходное сырьё (фторгипс) поступает из цеха по производству фтористоводородной кислоты спецавтотранспортом. Накопление большого количества исходного сырья перед переработкой не рекомендуется вследствие выделения из него токсичных паров серной кислоты. По предлагаемой схеме сырьё разгружается в бункер приема исходного сырья, из которого транспортируется элеватором в приемный бункер цепочки технологического оборудования подготовки и нейтрализации фторгипса, выполненной по каскадной схеме. Сырьё последовательно проходит операцию дезинтеграции и грубого помола до размера куска менее 10 мм и, далее, шнеком подается на операцию тонкого помола до крупности менее 0,2 мм и окатывания в вибрационных установках. В результате нейтрализации из вибрационной установки измельчения - смешения – грануляции выходит гранулированный продукт смеси фторгипса и известняка. Полученные гранулы, крупностью 5 ÷ 25 мм, подаются транспортером в емкости промежуточного хранения (силосы) в количестве суточной потребности. Основное количество свободной серной кислоты (>95%) связывается известняком в процессе смешения и грануляции. Оставшаяся, не прореагировавшая, кислота нейтрализуется внутри гранул в течение 3 ÷ 5 часов.

На всех операциях в исходное сырьё подается измельченный известняк для нейтрализации избыточной серной кислоты. В результате реакции образуется сульфат кальция, вода и углекислый газ. Образующаяся вода находится в кристаллогидратной форме в виде полуводной и двухводной модификации. Суммарную реакцию можно выразить в виде:



При проведении процесса нейтрализации в промышленных объемах тепловой эффект реакции приводит к разогреву нейтрализованной смеси до температуры 60÷70°C, что необходимо учитывать на стадии проектирования.

Для эффективного проведения процесса нейтрализации кусковой известняк предварительно измельчается до крупности менее 0,2 мм на дезинтеграторе.

Для нейтрализации известняк подается с небольшим избытком, из расчета 1,5 % масс. известняка на 1% масс. серной кислоты.

При работе с отходом необходимо использовать средства индивидуальной защиты, так как 10-15%-ное содержание серной кислоты создает сильноокислую среду (pH=0,43), а примесь фтороводородной кислоты придает отходу удушливый запах, присущий этой кислоте.

## Результаты эксперимента и их обсуждение

### Получение ангидритового вяжущего

Для того чтобы перевести кислый отход (фторангидрит) в ангидритовое вяжущее, необходимо произвести его нейтрализацию. Известно, что нейтрализация кислот и других вредных примесей, содержащихся в техногенных отходах, осуществляется сухим или мокрым способом с помощью известки содержащего реагента (известковая мука, известковое молоко, известняк, доломит и т.п.) [7].

При выполнении данной работы в качестве нейтрализующего реагента был использован известняк Сажаевского месторождения (как более дешевого, запасы его в восточно-казахстанской области практически неограниченны).

Получение ангидритового вяжущего выполнялось по следующей схеме:

- 1) нейтрализация фторангидритового отхода сухим способом,
- 2) донейтрализация полученной смеси с помощью механической активации.

### Нейтрализация фторангидритового отхода

Определение удельной поверхности по воздухопроницаемости является самым распространенным способом дисперсионного анализа порошков. Его широко применяют в научных исследованиях и, особенно для контроля производственных процессов.

Исследованиями установлено влияние дисперсности известняка на полноту реакции нейтрализации [8,9]. Так увеличение удельной поверхности известняка с 4000 см<sup>2</sup>/г до 9000 см<sup>2</sup>/г приводит к повышению уровня pH (рис. 2).

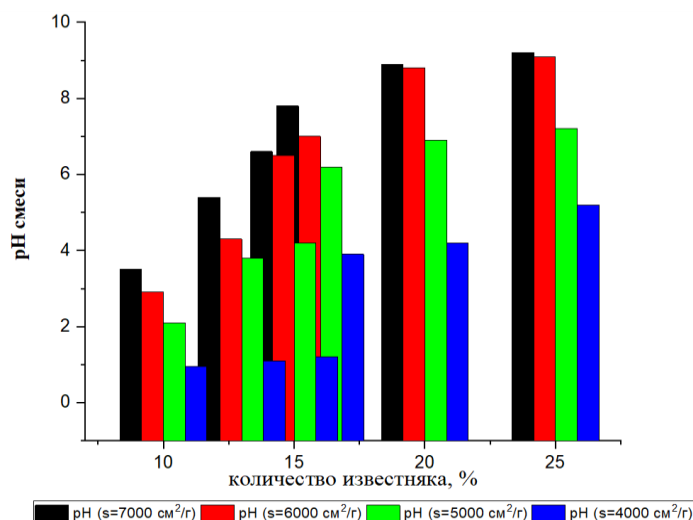


Рисунок 2 – Зависимость pH смеси от количества известняка

Из рисунка видно, что оптимальная дисперсность находится в районе 6000 см<sup>2</sup>/г, т.к. дальнейшее увеличение удельной поверхности известняка незначительно увеличивает pH и приводит к дополнительным энергозатратам, что не рационально с экономической точки зрения.

В лабораторных условиях была проведена серия опытов с различным количеством известняка с целью установления необходимого уровня pH. Определено оптимальное количество известняка, которое составляет 20% (рис. 2). Использование известняка в количестве менее 20% ведет в дальнейшем к увеличению расхода извести, которая использовалась на следующем этапе для регулирования сроков схватывания.

При перемешивании кислого отхода с тонкомолотым известняком происходит химическая реакция (экзотермическая) между серной кислотой и известняком, которая описывается следующей формулой:



Во время реакции выделяется углекислый газ, и температура смеси повышается до (70...80)°С. Окончание реакции нейтрализации фиксируется снижением температуры смеси до комнатной. При этом необходимо обеспечить отвод углекислого газа.

Образующаяся в результате реакции вода ведет к увлажнению полученной смеси, поэтому смесь необходимо сушить до влажности не более 1%.

Операция сушки смеси до влажности 1% является необходимым этапом подготовки к дальнейшему ее использованию.

#### *Донейтрализация смеси фторангидритового отхода с известняком*

Полученная смесь не полностью нейтрализована, так как реакцию тормозит гранулированная структура отхода (процесс нейтрализации идет только по поверхности гранул) и то, что эти гранулы покрыты пленкой фтористого кальция. Поэтому донейтрализация осуществляется с помощью механической активации, т.е. тонкого помола высушенной смеси. Дисперсность смеси контролировалась по совокупности показателей: достижение минимальных значений водопотребности и сроков схватывания.

При измельчении наблюдается действие паров воды на помол смеси (выделение паров воды связано с продолжением реакции нейтрализации).

Если после предварительного этапа нейтрализации влажная смесь не подвергалась сушке, то при механической активации часть порошка прилипает к измельчающим телам. Это связано с увеличенным содержанием воды, которая связывает высокодисперсные частицы между собой тонкими прослойками, что заметно снижает эффективность дальнейшего измельчения.

Таким образом, подтверждается необходимость сушки смеси до влажности не более 1% после предварительного этапа нейтрализации.

В этой связи представляют интерес дальнейшие исследования действия различных поверхностно-активных веществ на диспергирование (измельчение) известняка, извести, а также нейтрализованного отхода с целью увеличения производительности измельчающего оборудования.

Свойства полученного ангидритового вяжущего:

- удельная поверхность – 9000 см<sup>2</sup>/г;
- сроки схватывания: начало схватывания – 19 час 55 мин  
конец схватывания – 26 час 46 мин.

Согласно [10] наибольшая активация ангидритового вяжущего происходит при значении уровня pH = 7...9.

Нашими исследованиями установлено, что наибольшая активация для фторангидритового отхода происходит при увеличении pH смеси до 12. В щелочной среде, определяющим в процессе гидратации является образование основных солей и усиление гидролиза сульфата кальция.

С этой целью предложено использовать в качестве щелочного активатора твердения негашеную известь.

#### *Активация негашеной известью*

Активация ангидритового вяжущего проводилась следующим образом:

Ангидритовое вяжущее перемешивалось с негашеной известью в течение 1 минуты (не растирая).

Введение негашеной извести приводит к сокращению сроков схватывания (табл. 1), а также придает образцам белый цвет.

Водопотребность смеси составляет (35...36) %.

Таблица 1 – Влияние негашеной извести на сроки схватывания

Содержание известняка, %	Содержание негашеной извести, %	pH смеси	Сроки схватывания, ч-мин	
			Начало	Конец
20	-	9	19-55	26-46
20	2	9,2	2-30	4-30
20	10	10,1	0-27	3-45
20	20	12	0-16	0-48

Как видно из таблицы, при повышении уровня pH сроки схватывания заметно сокращаются.

Рассматривая влияние количества негашеной извести на активацию ангидритового вяжущего, исследованиями определено, что минимальные значения сроков схватывания достигаются при добавлении извести в количестве 20% (табл. 1),  $pH = 12$ . Увеличение количества извести приведет к увеличению  $pH$  больше 12, что также приведет к понижению растворимости  $Ca(OH)_2$ .

Необходимо отметить, что использование предварительно гашеной извести, как показали дальнейшие исследования, приводит к увеличению сроков схватывания ангидритового вяжущего (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние гашеной извести на сроки схватывания

Содержание известняка, %	Содержание гашеной извести, %	Водопотребность смеси	Сроки схватывания, ч-мин	
			Начало	Конец
20	-	9	1-10	4-00
20	20	33	0-49	1-35
20	20	35	0-58	1-51
20	20	36	1-00	2-10

В ходе исследований установлена зависимость времени схватывания ангидритового вяжущего от температуры воды затворения, его водопотребности, от удельной поверхности вяжущего.

#### *Исследование влияния температуры воды затворения*

В технологическом процессе получения ангидритового вяжущего предложено использовать негашеную известь. В ходе испытаний выявлено влияние температуры воды затворения. Результаты испытаний представлены на рисунке 3.

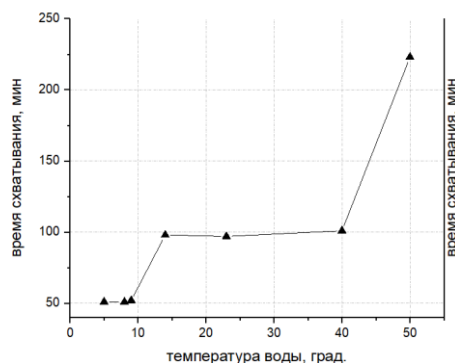


Рисунок 3 – Зависимость конца схватывания ангидритового вяжущего от температуры воды затворения

Как видно из рисунка минимальные сроки схватывания зафиксированы при использовании воды температурой  $(5...8)^{\circ}C$ . Использование воды с температурой от 12 до  $40^{\circ}C$  увеличивает сроки схватывания примерно в два раза. Такая же картина наблюдается при дальнейшем увеличении температуры. Это связано с понижением растворимости  $Ca(OH)_2$ . Поэтому предлагается в технологии производства вяжущего использовать воду температурой не выше  $8^{\circ}C$ .

#### *Определение водопотребности ангидритового вяжущего*

Надо отметить, что получение столь сжатых сроков схватывания ангидритового вяжущего не позволяет использовать литьевую технологию изготовления изделий. Предложено получение пластичного теста с определением водопотребности по прибору Вика с пестиком – показатель нормальной густоты теста «0» приведены на рисунке 4.

Из рисунка видно, что чем меньше глубина погружения пестика прибора в тесто, тем быстрее наступает конец схватывания вяжущего. Однако, уменьшение количества воды влияет на удобоукладываемость теста в формы, поэтому оптимальное количество воды составляет 35% при условии использования виброуплотнения.

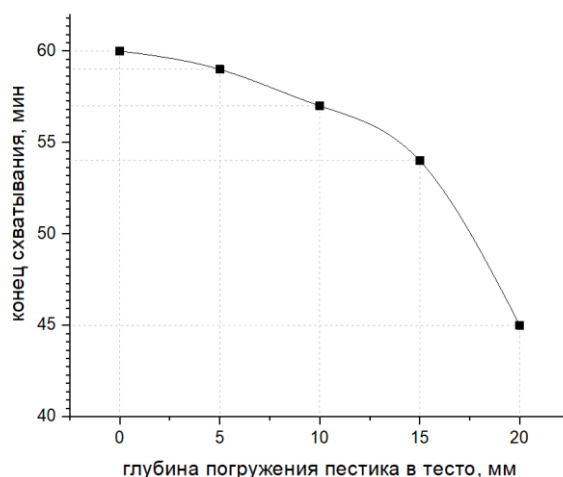


Рисунок 4 – Зависимость сроков схватывания от пластичности теста

*Исследование влияния дисперсности ангидритового вяжущего на сроки схватывания*

Как показали эксперименты для обеспечения требуемых сроков схватывания необходимо обеспечить тонкость помола ангидритового вяжущего и извести до достижения удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) смеси 9000  $см^2/г$  (рис. 5).

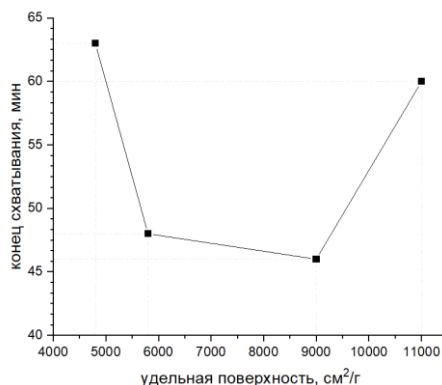


Рисунок 5 – Зависимость конца схватывания от дисперсности смеси ангидритового вяжущего и извести

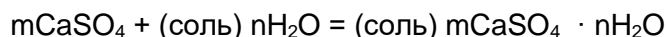
На рисунке 5 видно, что дальнейшее увеличение удельной поверхности более 10000  $см^2/г$  приводит к увеличению водопотребности до 50% и соответственно к увеличению сроков схватывания.

Поскольку активация ангидритового вяжущего только известью не обеспечивает требуемые сроки схватывания (конец схватывания 30 мин), необходимо проведение дальнейшей активации. Исходные характеристики вяжущего для дальнейшей активации следующие:

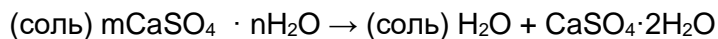
- состав смеси: 60% кислый фторангидрит, 20% известняк, 20% негашеная известь;
- рН = 12;
- сроки схватывания: начало – 16 мин, конец – 48 мин.

*Активация фторангидрита различными химическими добавками*

Процесс твердения ангидритового вяжущего заключается в гидратации нерастворимого ангидрита с последующей его перекристаллизацией [10]. В присутствии воды и катализатора на поверхности частиц ангидрита образуется неустойчивый сложный гидрат, формула 2:



который затем распадается с образованием двухводного гипса формула 3:



Двуводный гипс выделяется сначала в коллоидном состоянии, а потом кристаллизуется. Период, когда образуется значительное количество коллоидного  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , сопровождается выделением тепла. В это время происходит схватывание. Процессы перекристаллизации ведут к твердению. В первые часы прочность ангидритового вяжущего повышается, затем наступает некоторый спад прочности, который можно объяснить тем, что неустойчивый сложный гидрат в это время распадается, потом прочность снова растет довольно длительное время. В результате твердения количество связанной воды в изделиях постепенно возрастает.

Согласно исследованиям, промежуточные соединения между сульфатами и ангидритом не образуются, а ускоряющее воздействие добавок объясняется иными причинами [7]. Некоторые исследователи считают [12], что активирующее влияние добавок извести, каустического доломита и других малорастворимых соединений, имеющих кристаллохимическое подобие с гипсом заключается в том, что частицы добавок служат центрами кристаллизации, способствующими быстрому выводу пересыщенного раствора двуhydrата, образующегося при гидратации ангидрита из состояния равновесия с выделением  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в осадок, вследствие чего пересыщение снижается и создаются условия для растворения новых порций ангидрита. Отдельные исследователи считают, что кислые активаторы твердения ангидрита повышают его растворимость и химический потенциал на ранних стадиях твердения [13]. По химическому составу вводимых добавок применяют следующие виды активации:

- сульфатная активация (с помощью сульфатов щелочных и тяжелых металлов, кислых сульфатов);
- щелочная активация ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ );
- преимущественно щелочная активация (портландцементный клинкер, доменный шлак, шлакопортландцемент и др.);
- комбинированная активация (щелочной компонент и добавка сульфата).

Несмотря на значительное количество исследований по активации ангидритовых вяжущих (в том числе и из техногенных отходов) и подбору оптимального химического и количественного состава активирующих добавок, данный процесс также требует индивидуального подхода.

При выполнении данной работы в качестве активирующих добавок были использованы: ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), медный купорос ( $\text{CuSO}_4$ ), кристаллогидрат сульфата железа ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), алюмокалиевые квасцы,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ . По анализу литературных данных содержание добавок было принято (0,5...3)% от массы сухого вещества с шагом 0,5%. Все добавки вводились с водой затворения как отдельно, так и в комбинации из двух компонентов. Использованные добавки помимо активации твердения также влияют на другие физико-механические свойства вяжущего [8].

### **Заключение**

Анализируя полученные данные, были сделаны следующие выводы:

- 1) При исследовании характеристики техногенных отходов производства фтористоводородной кислоты, была показана их потенциальная пригодность для производства ангидритового вяжущего и строительных материалов на его основ;
- 2) Установлено влияние дисперсности известняка на полноту реакции нейтрализации. Так увеличение удельной поверхности известняка с  $4000 \text{ см}^2/\text{г}$  до  $9000 \text{ см}^2/\text{г}$  приводит к повышению уровня pH;
- 3) Определено, что наибольшая активация для фторангидритового отхода происходит при увеличении pH смеси до 12;
- 4) В ходе исследований установлена зависимость времени схватывания ангидритового вяжущего от температуры воды затворения, его водопотребности, от удельной поверхности вяжущего.
- 5) По источникам технической информации проанализирован опыт производства строительных материалов из ангидритового вяжущего.

Наши дальнейшие исследования будут направлены на определение прочностных характеристик фторангидрита, разработку промышленной технологии получения изделий, расчет материального баланса технологического процесса нейтрализации и процесса производства пазогребневых плит.

### Список литературы

1. Использование фторангидрита в производстве пазогребневых перегородок / С.А. Бондаренко и др. // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 68-69.
2. Аниканова Л.А. Эффективность использования фторангидрита в производстве стеновых и отделочных материалов / Л.А. Аниканова // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 1. С. 163-171.
3. Комаров М.А. Синтез дигидрата сульфата кальция из техногенного сырья / М.А. Комаров, Н.Г. Короб, В.И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – №. 16. – С. 76-82.
4. Кузьменков, М.И. Технология производства синтетического дигидрата сульфата кальция и переработка его на строительный гипс / М.И. Кузьменков, Д.М. Кузьменков, В.И. Вовк // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 10. – С. 101-108.
5. Родин А.Н. Отчет «Испытание гипсового вяжущего и определить пригодность в строительстве». – А. Алма-Атинский научно-исследовательский проектный институт строительных материалов «НИИСТРОМПРОЕКТ», 1987.
6. Фторангидритовое вяжущее из отхода производства плавиковой кислоты / А.Н. Родин и др. // Сборник статей. Строительные материалы на основе различных отходов промышленности Казахстана. – А: НИИСТРОМПРОЕКТ, 1989. – С. 121-128.
7. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / В.С. Руднов и др.; под общ. ред. доц., канд. техн. наук И.К. Доманской. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 203 с.
8. Галкина Д.К. Разработка вяжущего повышенной водостойкости из отходов производства фтористого водорода / Д.К. Галкина, А.Н. Родин, А.А. Хайруллина // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2010. – № 2(48). – С.154-159.
9. Федорчук, Ю.М. Техногенный ангидрит, его свойства, применение / Ю.М. Федорчук. – Томск: ТПУ, 2005. – 110 с.
10. Ускоренный подбор активирующих добавок к ангидриту / В.Г. Клименко и др. // Строительные материалы. – 1990. – № 3, с. 22-23.
11. Кузьменков М.И. Вяжущие вещества и технология производства изделий на их основе / М.И. Кузьменков, Т.С. Куницкая. – 2003.
12. Деревянко В.Н. Гидратация гипсовых систем / В.Н. Деревянко, Н.В. Кондратьева, А.Н. Гришко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2018. – №. 3(241-242). – С. 42-53.
13. Исследование свойств материала, на основе модифицированного ангидритового вяжущего / Е.Н. Булдыжова и др. // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 3(75). – С. 428-438.

### References

1. Ispol'zovanie ftorangidrita v proizvodstve pazogrebnevykh peregorodok / S.A. Bondarenko i dr. // Stroitel'nye materialy. – 2008. – № 3. – S. 68-69. (In Russian).
2. Anikanova L.A. Ehffektivnost' ispol'zovaniya ftorangidrita v proizvodstve stenovykh i otdelochnykh materialov / L.A. Anikanova // Vestnik TGASU. – 2015. – № 1. S. 163-171. (In Russian).
3. Komarov M.A. Sintez digidrata sul'fata kal'tsiya iz tekhnogennogo syr'ya / M.A. Komarov, N.G. Korob, V.I. Romanovskii // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. – 2020. – №. 16. – S. 76-82. (In Russian).
4. Kuz'menkov, M.I. Tekhnologiya proizvodstva sinteticheskogo digidrata sul'fata kal'tsiya i pererabotka ego na stroitel'nyi gips / M.I. Kuz'menkov, D.M. Kuz'menkov, V.I. Vovk // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo. – 2020. – № 10. – S. 101-108. (In Russian).
5. Rodin A.N. Otchet «Ispytanie gipsovogo vyazhushchego i opredelit' prigodnost' v stroitel'stvE». – А.: Alma-Atinskii nauchno-issledovatel'skii proektnyi institut stroitel'nykh materialov «NIISTROMPROEKT», 1987. (In Russian).

6. Ftorangidritovoe vyazhushchee iz otkhoda proizvodstva plavikovoï kisloty / A.N. Rodin i dr. // Sbornik statei. Stroitel'nye materialy na osnove razlichnykh otkhodov promyshlennosti Kazakhstana. – A: NIISTROMPROEKT, 1989. – S. 121-128. (In Russian).
7. Stroitel'nye materialy i izdeliya: ucheb. posobie / V.S. Rudnov i dr.; pod obshch. red. dots., kand. tekhn. nauk I.K. Domanskoi. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2018. – 203 s. (In Russian).
8. Galkina D.K. Razrabotka vyazhushchego povyshennoi vodostoïkosti iz otkhodov proizvodstva ftoristogo vodoroda / D.K. Galkina, A.N. Rodin, A.A. Khairullina // Vestnik VKGTU im. D. Serikbaeva. – 2010. – № 2(48). – S.154-159. (In Russian).
9. Fedorchuk, YU.M. Tekhnogennyi ангидрит, ego svoïstva, primenenie / YU.M. Fedorchuk. – Tomsk: TPU, 2005. – 110 c. (In Russian).
10. Uskorenniy podbor aktiviruyushchikh dobavok k ангидриту / V.G. Klimenko i dr. // Stroitel'nye materialy. – 1990. – № 3, s. 22-23. (In Russian).
11. Kuz'menkov M.I. Vyazhushchie veshchestva i tekhnologiya proizvodstva izdelii na ikh osnove / M.I. Kuz'menkov, T.S. Kunitskaya. – 2003. (In Russian).
12. Derevyanko V.N. Gidratatsiya gipsovykh sistem / V.N. Derevyanko, N.V. Kondrat'eva, A.N. Grishko // Visnik Pridniprovs'koï derzhavnoï akademiiï budivnitstva ta arkhitekturi. – 2018. – № 3(241-242). – S. 42-53. (In Russian).
13. Issledovanie svoïstv materiala, na osnove modifitsirovannogo ангидритового vyazhushchego / E.N. Buldyzhova i dr. // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2021. – № 3(75). – S. 428-438. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Работа выполнена в рамках гранта МНУВО РК АР14871496 «Разработка технологии получения ангидритового вяжущего из промышленного отхода для применения в производстве строительного материала».*

**А.Б. Кеңесбеков<sup>1,2\*</sup>, Б.К. Рахадиллов<sup>1,3</sup>, Ж.Б. Сағдолдина<sup>3</sup>, А.Е. Кусайнов<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Композициялық материалдар институты,

070010, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Серікбаев көшесі, 39

<sup>2</sup>«PlasmaScience» ЖШС,

070010, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Гоголь көшесі, 7Г

<sup>3</sup>Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,

070010, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Шәкәрім даңғылы, 148

\*e-mail: aidar.94.01@mail.ru

### **АНГИДРИТ ТҰТҚЫР НЕГІЗІНДЕ ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫНА АРНАЛҒАН АРНАЙЫ ҚОСПАНЫҢ ҚҰРАМЫН ӨЗІРЛЕУ**

*Жұмыста гидрофтор қышқылын алу технологиясы және оны өндіру ерекшеліктері зерттелді, сонымен қатар қалдықтардың қасиеттеріне физикалық-химиялық зерттеулер жүргізілді. Ангидрит тұтқырының қатаюын жеделдететін активаторлар таңдалды. «Үлбі металлургиялық зауыты» АҚ балқыту қышқылы өндірісінің фторангидрит қалдықтарын кәдеге жарату процесі зерттелді және қату мерзімі 30 мин ангидритті күйдірісіз тұтқыр алынды. Қабылданған технологиялық схеманың тиімділігі эксперименталды түрде расталды. Сондай-ақ, бұл жұмыс Үлбі металлургия зауытының қайталама және техногендік шикізатын кешенді пайдалану мүмкіндігін зерделеуге бағытталған, ол, сайып келгенде, өндіріс тиімділігін арттырудың, экономикалық пайданың, Жер ресурстарын ұтымсыз иеліктен шығаруды қысқартудың маңызды резерві ғана емес, сонымен қатар «ҮМЗ» АҚ экологиялық саясатының мәселелері ретінде су және ауа бассейнінің ластануынан қорғаудың маңыздылығына ие болады қазіргі уақытта өзекті болып табылады. Фторсутек қышқылын өндірудің техногендік қалдықтарының сипаттамаларын зерттеу кезінде олардың өндіріске, ангидрит тұтқыр және оның негіздеріне құрылыс материалдарына әлеуетті жарамдылығы көрсетілді. Эктас дисперсиясының бейтараптандыру реакциясының толықтығына әсері анықталды*

**Түйін сөздер:** *Фторгипс, ангидрит, фтор қышқылы, ангидрит тұтқыр, активация, активатор.*



**A.B. Kengesbekov<sup>1,2\*</sup>, B.K. Rakhadilov<sup>1,3</sup>, Zh.B. Sagdoldina<sup>3</sup>, A.E. Kusaynov<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Institute of composite materials,

070010, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 39

<sup>2</sup>«PlasmaScience» LLP,

070010, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk city, Gogol str., 7G.

<sup>3</sup>Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,

070010, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 148 Shakarim Ave.

\*e-mail: aidar.94.01@mail.ru

## **DEVELOPMENT OF SPECIAL MIXTURE COMPOSITION FOR BUILDING MATERIALS BASED ON ANHYDRITE BINDERS**

*The technology of obtaining hydrofluoric acid and the peculiarities of its production are studied in the work, as well as physical and chemical studies of the properties of the waste. Activators accelerating the hardening of anhydrite binder were selected. The process of utilization of fluorohydrate waste from the production of hydrofluoric acid of JSC «Ulba Metallurgical Plant» was investigated and anhydrite anhydrite binder without firing with setting time of 30 min was obtained. On the basis of the received data the technological scheme of manufacturing of products from anhydrite binder is developed. The efficiency of the adopted technological scheme is confirmed experimentally. Also the given work is directed on studying of possibility of complex use of secondary and technogenic raw materials of Ulba Metallurgical Plant, which in the end acquires value not only important reserve of increase of efficiency of manufacture, economic benefit, reduction of irrational alienation of land resources, but also protection from pollution of water and air basin as questions of ecological policy of JSC «UMP» at present are actual. At research of characteristic of technogenic wastes of production of hydrofluoric acid, their potential suitability for manufacture of anhydrite binder and building materials on its bases has been shown. The influence of limestone dispersibility on the completeness of the neutralization reaction has been established*

**Key words:** Fluorohydrate, anhydrite, hydrofluoric acid, anhydrite binder, activation, activator.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Айдар Бақытбекұлы Кеңесбеков\*** – PhD, «Композициялық материалдар институты» директоры, Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: aidar.94.01@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5630-9467>.

**Бауыржан Қорабаевич Рахадиллов** – PhD, қаумдастырылған профессор, «PlasmaScience» ЖШС директоры, Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: rakhadilovb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина** – PhD, қаумдастырылған профессор, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің «Беттік инженерия және трибология» F30 жетекші ғылыми қызметкері, Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

**Арыстанбек Ерланович Кусайнов** – магистрант, «Композициялық материалдар институты» инженері, Өскемен қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: arys20055@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-4681>.

### **Сведения об авторах**

**Айдар Бақытбекұлы Кеңесбеков\*** – PhD, директор «Институт композиционных материалов», г.Усть-Каменогорск, Республика Казахстан; e-mail: aidar.94.01@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5630-9467>.

**Бауыржан Қорабаевич Рахадиллов** – PhD, ассоциированный профессор, директор ТОО «PlasmaScience», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина** – PhD, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник НИЦ «Инженерия поверхностная и трибология» Восточно-Казахстанский университет им. Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

**Арыстанбек Ерланович Кусайнов** – магистрант, инженер «Институт композиционных материалов», г.Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: e-mail: arys20055@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-4681>.

### Information about the authors

**Aidar Bakytbekuly Kengesbekov\*** – PhD, Director, «Institute of Composite Materials», Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: aidar.94.01@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5630-9467>.

**Bauyrzhan Korabaevich Rakhadilov** – PhD, Associated Professor, Director, «PlasmaScience» LLP, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: rakhadilovb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**Zhuldyz Bolatkyzy Sagdoldina** – PhD, associate professor, leading researcher of scientific research center «Surface engineering and tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

**Arystanbek Erlanovich Kusainov** – Master's student, engineer «Institute of Composite Materials», Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan; e-mail: arys20055@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-4681>.

Поступила в редакцию 23.02.2024  
Поступила после доработки 23.03.2024  
Принята к публикации 26.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-58

MPHTI: 61.37.01



**А.Ж. Керимкулова<sup>1\*</sup>, Х.С. Рафикова<sup>1</sup>, Н.Б. Булатова<sup>1</sup>, Д.О. Абдирафиева<sup>1</sup>,  
М.Е. Дариджан<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Satbayev University,

050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева 22 а

<sup>2</sup>Алматинский технологический университет,

050013, Республика Казахстан, город Алматы, ул. Толе би, 100

e-mail: kerimkulova07@mail.ru

### ЭКСТРАКЦИОННАЯ СЕРООЧИСТКА НЕФТЯНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

**Аннотация:** В ближайшие десятилетия невозможно недооценить важность создания экологически чистой энергетики и связанных с ней применений. Доказано, что минимизация и устранение токсичных выбросов имеют решающее значение для выживания нашей планеты. Соединения серы (S) в топливе приводят к образованию токсичных выбросов, представляющих серьезную угрозу для окружающей среды. Поэтому во всем мире активизировались исследования процесса сероочистки для получения топлива с низким содержанием S. Традиционная технология гидродесульфуризации (HDS) не получила широкого распространения из-за ряда недостатков, таких как высокая стоимость, повышенное потребление электроэнергии, повышенное образование водорода и использование катализаторов с высоким содержанием благородных металлов. Перспективной альтернативой HDS является процесс экстрактивной сероочистки (EDS) благодаря мягким условиям эксплуатации. В последние годы большое внимание в исследованиях уделяется использованию глубокоэвтектических растворителей (DES), образующихся из эвтектической смеси кислот и оснований Льюиса/Бренстеда.

Целью данного обзора является обсуждение преимуществ EDS с использованием DES по сравнению с другими методами сероочистки, а также описание различных факторов сероочистки, таких как природа DES, массовое соотношение DES и топлива, температура, взаимная растворимость, время, начальное содержание S. Потенциальные проблемы и недостатки EDS с использованием DES изучены достаточно полно. В данном обзоре обсуждаются вопросы применения DES в качестве экстрагентов для получения экологически чистого топлива вместо традиционных органических растворителей. Необходимость обзора исследований по данной тематике исходит из актуальности поиска более экологически чистых соединений

соответствующих всем принципам «зеленой химии». В обзоре рассмотрены исследования за последние 10-20 лет в области применения DES в качестве экстрагентов для очистки топлив от серосоединений.

**Ключевые слова:** глубокие эвтектические растворители, экстракция, соединения серы, моторное топливо, ионные жидкости.

## Введение

Сера (S) присутствует в нефтяных топливах, таких как бензин и дизельное топливо, в виде ее соединений, как тиолы, тиоэфиры, дисульфиды, тиофены, бензотиофены, нафтотиофены, дибензотиофены. При окислении топлива эти соединения приводят к выбросу оксидов серы (SOX) [1-4]. Такие выбросы вызывают серьезные проблемы со здоровьем и экологией. Кроме того, S-соединения в дизельном топливе создают ряд проблем, включая повышенную эмиссию оксида углерода и твердых частиц, а также снижение эффективности сгорания [5-7]. В 1998 году в соответствии с Европейской директивой по транспортному топливу содержание S-соединений в бензине составляло 150 ppm, а в дизельном топливе - 350 ppm, затем оно было снижено до 50 ppm, затем до <10 ppm [8-10]. В США и Японии на транспортное топливо, превышающее уровень содержания S в 10 ppm, взимается дополнительный налог [11]. В 2016 году в Китае был принят национальный стандарт качества бензина V и дизельного топлива V, предусматривающий снижение содержания S до уровня менее 10 ppm [10]. В настоящее время многие страны проводят более жесткую политику в отношении содержания S в мазутах, снижая минимальное значение до нуля в некоторых случаях. Временные изменения допустимого содержания S в бензине и дизельном топливе в разных странах, имеют тенденцию к снижению. Во избежание таких нежелательных последствий сероочистка мазутов рассматривается как обязательная задача на нефтеперерабатывающих заводах [12-14].

В настоящее время в промышленности широко применяется процесс гидродесульфуризации (HDS) нефтяных топлив, при котором S-соединения вступают в химическую реакцию с водородом в присутствии катализаторов (например, Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [15] или Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [6]), превращаясь в сероводород (H<sub>2</sub>S), который в дальнейшем удаляется из топлив. Этот процесс требует жестких условий эксплуатации, таких как высокая температура и давление [16]. HDS хорошо справляется с удалением алифатических S-содержащих тиоэфиров, тиолов и дисульфидов, но не справляется с удалением гетероциклических S-соединений: бензотиофена (БТ), тиофена (Т), дибензотиофена (ДБТ) и их производных из-за стерически затрудненной адсорбции этих соединений на поверхности катализатора [17, 18].

Таким образом, достижение желаемого уровня содержания S в процессе HDS требует экстремальных условий эксплуатации, таких как высокое давление (~20 МПа) и температура (~400 °С), а также протекает в присутствии эффективного и благородного катализатора. Все эти факторы снижают общую экономическую эффективность процесса, сопровождающегося обоснованными потерями нефти (например, алкенов) [19]. Целью нашего обзора является подробное обоснование эффективности EDS с использованием DES. Таким образом, в данной работе представлен актуальный полный обзор применения DES для EDS. Подробно рассмотрено химическое взаимодействие между S-соединениями и DES и описаны возможные проблемы. Затрагиваются и другие методы сероочистки, такие как ADS, BDS, ODS. В обзоре приводятся экспериментальные данные по системам DES-EDS, а также обсуждаются методы, необходимые для масштабирования процесса EDS до промышленного уровня.

### 1. Альтернативные методы сероочистки

Для снижения содержания S до желаемого уровня могут использоваться такие методы, как окисление (ODS), биодесульфуризация (BDS), экстракция (EDS) или адсорбция (ADS). EDS считается более предпочтительным по сравнению с другими методами благодаря мягким условиям эксплуатации [20-23]. Кроме того, с помощью этого метода можно добиться селективного удаления S-соединений из топлива без реакции экстрагента с нужными углеводородами [24]. Кроме того, извлеченные S-соединения могут быть повторно использованы в качестве базовых материалов, из которых производятся различные S-продукты [25]. В прошлом в EDS были исследованы имидазолидиноны, диметилсульфоксид,

полиалкиленгликоль и пиримидиноны, которые оказались летучими и показали нежелательную эффективность [26-28]. Из-за значительных потерь соединений при испарении, сложности регенерации и ограниченного числа экстрагентов масштабирование EDS в промышленных масштабах стало затруднительным. Ионные жидкости (ИЖ) также используются в качестве экстрагентов для EDS [29-33]. Ключевым преимуществом ИЖ, в отличие от традиционных молекулярных растворителей, является их желаемая модификация за счет различных комбинаций катионов и анионов [34]. Однако основными недостатками ИЖ являются спорная экологическая приемлемость их синтеза и высокая стоимость [6, 15, 35].

Таким образом, был открыт новый класс устойчивых растворителей, названных глубокоэвтектическими растворителями (DES), которые были использованы в качестве замены как ИЖ, так и органических молекулярных соединений для достижения более желательных условий и преодоления недостатков. Несмотря на то, что DES и ИЖ имеют много общих характеристик, они классифицируются по-разному, и в некоторых случаях DES имеют очевидные преимущества перед большинством ИЖ, такие как простота синтеза, низкая токсичность и стоимость. В одной из первых работ по изучению DES были исследованы их физические свойства, о чем сообщалось в 2001 году [36]. В отличие от апротических ИЖ, DES синтезируются из эвтектической смеси кислот и оснований Льюиса/Бренстеда, что приводит к значительному снижению их температуры плавления. В отличие от ИЖ, содержащих только ионы, DES состоят из нейтральных, анионных и/или катионных соединений.

До настоящего времени применение DES в EDS было тщательно исследовано [37]. EDS на основе DES может заменить HDS, но при этом могут возникнуть некоторые незначительные недостатки. Опубликовано несколько обзорных работ, посвященных EDS с использованием DES [38, 39].

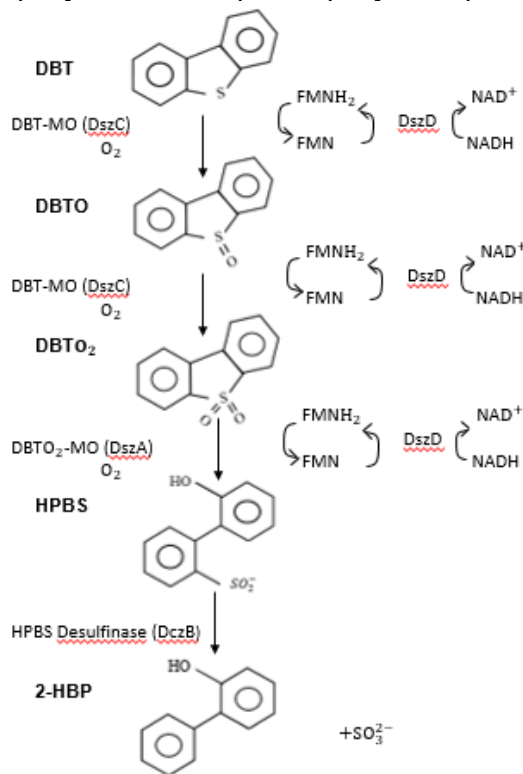
## **2. Адсорбционная сероочистка (ADS)**

При ADS обычно используется адсорбент, закрепленный на неактивной пористой среде, на котором адсорбируются и затем удаляются S-соединения, содержащиеся в топливе. В зависимости от взаимодействия S-компонентов с адсорбентом ADS может быть прямой или реактивной. Выбору адсорбента придается большое значение, поскольку он существенно влияет на эффективность адсорбции [40-44]. Ранее были изучены различные адсорбенты, например, активированный уголь, глинозем, цирконий, магнезия, цеолиты, силикагель [45-47]. Большинство исследований проводилось на активированном угле благодаря его эффективной площади поверхности и хорошей пористости [48-54]. Lee и др. [55] рассмотрели активированный уголь из 10 природных источников и обнаружили, что активированный уголь на основе кокосовой скорлупы обладает более высокой эффективностью, чем угольный и древесный. Компания Conoco Phillips Petroleum Co. разработала технологию S-Z (S-contentsremovaltechnology), в которой S-соединения удаляются за счет реактивной адсорбции при водородном давлении и высокой температуре [55, 56]. Основной проблемой при проведении ADS является поиск подходящих адсорбентов, обладающих высокой селективностью и эффективностью удаления S-соединений без поглощения ароматических углеводородов и олефинов. Это связано с тем, что ароматические углеводороды и олефиновые соединения имеют схожие свойства с тиофеновыми S-соединениями, благодаря наличию одной или нескольких двойных связей, с которыми легко взаимодействуют атомы металлов [57]. Еще одной проблемой в ADS является полная регенерация адсорбентов. Кроме того, большинство адсорбентов обладают низкой адсорбционной эффективностью, например, 1-4 мг S-соединений адсорбируется на 1 г глинистого материала, что требует использования адсорбента в огромных количествах.

Биодесульфуризация (BDS). BDS – важный для "зеленой" химии процесс, в котором микроорганизмы активно участвуют в селективном удалении S-соединений из тугоплавких органических соединений (DBT) в условиях окружающей среды [56, 58, 59]. Микроорганизмы способны потреблять ароматические S-соединения в качестве источника энергии, что приводит к метаболизму органических S-соединений путем восстановительного разрыва C-S-связей, окислительного разрыва C-S-связей или окислительного разрыва C-C-связей [52, 53]. В целом существует два пути развития BDS: 1) основанный на первоначальном

дезоксигенировании внешнего ароматического кольца DBT и последующем расщеплении кольца, так называемый процесс Кодама; 2) при котором DBT последовательно метаболизируется до сульфоксида, сульфона, сульфоната и, наконец, сульфата, известный как процесс 4S (сульфоксид/сульфон/сульфонат/сульфат) [62-64].

Однако проблемы, возникающие при использовании BDS, заключаются в пригодности катализатора и медленном биоразложении. Живые микроорганизмы очень чувствительны, с ними трудно обращаться и использовать на нефтеперерабатывающем заводе. Для их хранения требуются санитарные условия [65]. Для полного удаления серы из DBT требуются четыре фермента (рис. 1) в результате которой образуется фенольный продукт [66].



Дибензотиофен DBT, дибензотиофенсульфоксид DBTO, дибензотиофенсульфон DBTO<sub>2</sub>, гидроксифенилбененсульфонат HPBS, 2-НBP-2-гидроксибифенил.

Ферментами пути «4S» являются дибензотиофенмонооксигеназа (DBT-MO или DszC), кодируемая геном dszC, дибензотиофенсульфонмонооксигеназа (DBTO<sub>2</sub>-MO или DszA), кодируемая геном dszA, десульфиназа HPBS, кодируемая ген dszB и оксидоредуктаза NADH/FMN, кодируемая геном dszD

Рисунок 1 – Путь «4S» биодесульфурации DBT

Окислительное обессеривание (ODS) позволяет удалять S-соединения из топлива при умеренных условиях эксплуатации [65,67,68]. Как правило, ODS включает в себя двухступенчатый механизм: на первой ступени сульфиды подвергаются реакции окисления и превращаются в сульфоны или сульфоксиды. На втором этапе происходит отделение продуктов окисления от топлива путем экстракции растворителя, основанной на их повышенной полярности. Извлечение растворителя осуществляется путем дистилляции [69,70]. Впервые сульфиды были окислены с помощью диоксида азота (NO<sub>2</sub>) в ODS с последующей экстракцией метанолом [71-73]. Однако при использовании NO<sub>2</sub> происходило образование большого количества отходов [73]. Кроме того, катализаторами в ODS служат неорганические (например, серная кислота) и органические кислоты (например, уксусная и муравьиная), а в качестве окислителя обычно используется перекись водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). ИЖ также используются в ODS в качестве заменителя традиционных органических растворителей [74-83].

Основной проблемой, возникающей при проведении ODS, является селективность экстрагента и окислителя. В процессе ODS некоторые окислители дают нежелательные побочные реакции, приводящие к снижению качества и количества топлива. Выбор не

подходящего растворителя может привести к удалению углеводородных соединений топлива, таких как олефиновые и ароматические соединения [84-86]. В таблице 1 указаны некоторые преимущества и недостатки технологии биодесульфурзации.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки технологии биодесульфурации (BDS)

Преимущества BDS	Недостатки BDS
Образуется меньше газов от кислотных дождей [87]	Логистика санитарной обработки, хранения и использования живых микробных клеток в условиях нефтеперерабатывающего завода [93]
Высокоспецифичный ферментативный препарат для DBT [88]	Ингибирование процесса BDS для получения и токсичности 2-НБР [94]
Снижение капитальных и эксплуатационных затрат [89]	Метаболический путь, общий с другими микроорганизмами, разлагающими DBT [95]
Производить топливо со сверхнизким содержанием серы [90]	Стоимость питательных сред, используемых для выращивания микроорганизмов, участвующих в биопроцессе [96]
Удаление непокорные молекулы при умеренном давлении и температуре [91]	Процесс разделения масла/микробной биомассы не определен [97]
Высокоценные побочные продукты [92]	Мультиферментативная природа затрудняет повышение производительности [98]

### 3. Экстрактивная сероочистка («EDS»)

Экстрактивная сероочистка EDS происходит при нормальных условиях без присутствия водорода и катализатора, поэтому является практичным способом удаления S-соединений. Более того, при EDS S-соединения селективно выделяются из топлива без нарушения физических и химических свойств других соединений, присутствующих в топливе, а выделенные соединения могут быть повторно использованы в качестве сырья [99]. Метод EDS основан на различном разделении S-соединений в нефтяной фазе и в фазе экстрагента. Выбор подходящего экстрагента для использования в EDS имеет ключевое значение для всего процесса. Существуют некоторые проблемы, связанные с использованием в EDS летучих имидазолидинонов, полиалкиленгликолей, диметилсульфоксида и пиримидинонов. Идеальный абсорбент для EDS должен обладать высокой эффективностью, низкой стоимостью, легкой доступностью, возможностью переработки и многократного использования, поэтому выбор идеального растворителя и новой методики является важной задачей для исследователей, так как летучие органические соединения могут быть легко заменены экологически чистыми растворителями [100,101]. В настоящее время технологии на основе DES находят широкое применение в процессах разделения. Как показывают последние исследования [102-104], в качестве растворителей в EDS в реальную практику были введены несколько типов DES. Для экстрактивной сероочистки (табл. 2) синтезированы DES на основе  $FeCl_3$  для EDS [79].

Таблица 2 – Синтезированный DES на основе  $FeCl_3$  для EDS [105]

Комбинация DES	Молярное соотношение	Температура плавления (°C)
$FeCl_3:[CH_3(CH_2)_3]_4PBr$	1:2	15,7
$FeCl_3:[CH_3(CH_2)_3]_4PBr$	1:1,5	38,1

### 4. Глубокоэвтектические растворители

DES представляют собой эвтектические смеси, синтезируемые путем соединения двух компонентов – донора водородных связей (HBD), например мочевины, глицерина и т.д., соли металла и акцептора водородных связей (HBA), например четвертичных аммониевых, сульфониевых или фосфониевых солей при эвтектической температуре, что приводит к значительному понижению температуры плавления, и поэтому они могут служить растворителями при температуре окружающей среды [35,106-109]. Температура их плавления значительно ниже, чем у отдельных компонентов. Под DES понимается эвтектическая смесь с обычным соотношением смешивания 1:1 моль или 1:2 моль, но

возможны и другие соотношения. Типичным примером DES является смесь холинхлорида и мочевины (соотношение 1:2 моль) с температурой плавления 12<sup>o</sup>C, что заметно меньше, чем у холинхлорида и мочевины, 133<sup>o</sup>C и 302<sup>o</sup>C, соответственно. Кроме того, наличие сложной сети водородных связей в DES делает его потенциальным растворителем для использования в многочисленных приложениях [110].

К настоящему времени получены разнообразные DES. Первые DES были синтезированы в процессе нагревания ZnCl<sub>2</sub> с различными аммонийными солями, что привело к удивительно низкой температуре плавления 23-25<sup>o</sup>C, когда в качестве аммониевой соли (HBA) использовался холинхлорид [111]. В 2014 году для обозначения DES была предложена общая формула [Cat]X+Y, в которой [Cat]<sup>+</sup> обозначает катион фосфония, аммония или сульфония, X<sup>-</sup> – галогенид-анион, Y – кислоту Льюиса или Бренстеда, а z – число молекул Y [112]. В основном, в зависимости от природы используемых компонентов, DES делятся на четыре группы, которые представлены нижеприведенными формулами. Класс I: [Cat]X + zMCl<sub>x</sub>, M = Zn, Sn, Fe, Al, Ga, In; Класс II: [Cat]X + zMCl<sub>x</sub>·yH<sub>2</sub>O, M = Cr, Co, Cu, Ni, Fe; Класс III: [Cat]X + zRZ, Z = CONH<sub>2</sub>, COOH, OH; R, как правило, представляет собой алкильную группу. Класс IV: MCl<sub>x</sub>·yH<sub>2</sub>O + zRZ, M = Al, Zn, R, как правило, представляет собой алкильную группу и Z = CONH<sub>2</sub>, OH. Классы I и II отличаются друг от друга в основном наличием воды, что позволяет использовать в качестве HBD в синтезе DES многие гидрированные соли галогенидов металлов, поскольку они относительно дешевы.

Следует отметить, что существует большая разница между DES, состоящими из ИЖ (класс I, класс II и класс III приведены выше), и DES, образованными исключительно неионными твердыми веществами (класс IV приведены выше). Последний класс, как правило, имеет низкую стоимость по сравнению с I, II и III классами (за счет ионной жидкой составляющей) и возможен только из-за подавления температуры плавления, так как смесь двух или более твердых веществ превращается в жидкость при комнатной температуре. В таблице 3 приведены данные о сходстве и разнице DESs с ИЖ [113].

Таблица 3 – Сходство и разница DESs с ИЖ [113]

Сходство DESs с ИЖ	Разница DESs с ИЖ
Высокая проводимость	Дешевое производство
Высокая растворимость солей металлов	Легкий синтез
Низкая волатильность	Высокий биологический распад
Негорючие свойства	Менее токсичен
Возможность переработки	
Химическая стабильность	

## 5. Свойства DES

DES характеризуются рядом преимущественных свойств, таких как негорючесть, высокая биоразлагаемость, низкая токсичность, широкий диапазон плавления и низкая летучесть, поэтому они могут найти свое применение в биокаталитических процессах [114,115]. Их невоспламеняемость и нелетучесть обусловлена тем, что отдельные компоненты, образующие DES, как правило, являются легко воспламеняющимися жидкостями или твердыми веществами. Благодаря низким температурам замерзания DES могут сохранять свое жидкое состояние при использовании в биокаталитических процессах, поскольку большинство этих процессов протекает в жидкой среде, в монофазных или двухфазных системах. По имеющимся данным, температура замерзания DES зависит от многих факторов, поскольку она увеличивается с ростом числа гидроксильных групп HBD. Например, в холинхлориде в этиленгликоле 2 гидроксильные группы HBD, который плавится при – 66<sup>o</sup>C, с другой стороны, в глицерине 3 гидроксильные группы HBD, плавящиеся при – 40<sup>o</sup>C [114]. Температура замерзания DES также зависит от мольного соотношения HBD и HBA. DES на основе глицерина с трифенилметилфосфоний бромидом в качестве HBA (мольное соотношение 1:2-1:4) имеют температуру замерзания в диапазоне – 5.5-15.8<sup>o</sup>C [116]. Негорючесть и нелетучесть DES сводит к минимуму вероятность возгорания и взрыва в органических реакциях с использованием DES в качестве растворителей по сравнению с летучими органическими растворителями. Кроме того, когда растворитель используется в

массообменных процессах, на общую производительность сильно влияют вязкость и плотность растворителя. Как правило, DES значительно более вязкие, чем молекулярные растворители, такие как этанол [3,117-119]. Температура является важным параметром, оказывающим значительное влияние на большинство свойств растворителя [120]. Как вязкость, так и плотность уменьшаются с повышением температуры. DES в некоторых случаях предпочтительнее ИЖ с точки зрения их низкой стоимости и простоты синтеза.

Процесс синтеза прост и заключается в смешивании НВА и НВД в определенном мольном соотношении, которое происходит при умеренной температуре и равномерном перемешивании. Этот процесс синтеза на 100% атомарно экономичен, не требует дополнительной очистки, а в качестве исходных компонентов используются природные материалы, такие как холинхлорид и глицерин. С другой стороны, ИЖ обычно получают в две стадии: на первой стадии происходит алкилирование алкилфосфина, алкиламина, алкилимидазола с использованием алкилгалогенидов с получением промежуточной галогенидной соли: на второй стадии галогенид-анион обменивается с образованием ИЖ с различными анионами [121]. Такой двухстадийный синтез и процесс очистки продукта в итоге увеличивают стоимость производства.

Взаимодействие DES с S-соединениями включает в основном СН-π-взаимодействие, водородную связь и поляризацию DES [7,122]. Механизм EDS через DES основан на π-π взаимодействии ароматического кольца и кислотнo-основном комплексообразовании. Присутствие ароматических соединений сильно влияет на общую эффективность сероочистки. Эта эффективность повышается в последовательности хлорбензол < бензол < этилбензол < о-ксилол < п-ксилол < толуол [123]. По-видимому, тиофеновые S-соединения сильно взаимодействуют с богатым электронами π-облаком бензольного кольца.

Первое упоминание об использовании аммиачных DES в качестве растворителя при EDS принадлежит Li и др [124]. В дальнейшем применение DES с целью удаления S с помощью EDS встречалось во многих работах [21,117,118]. Основными факторами, влияющими на эффективность процесса EDS, являются природа DES, массовое соотношение DES и нефти, взаимная растворимость, температура, начальное содержание S, время, многократная экстракция и регенерация.

Одним из важных факторов, который необходимо учитывать при выборе DES в процессе сероочистки, является массовое соотношение DES и нефти. Хотя увеличение количества DES может привести к повышению эффективности сероочистки, для экономичности процесса предпочтительнее использовать его минимальное количество. Было установлено, что степень увеличения эффективности удаления S с массовым соотношением DES и нефти не одинакова. В целом это зависит от индивидуальной химической природы DES.

Экстракционная способность  $\text{CoCl}_2\text{-ChCl}_2\text{/PEG}$  [37] для различных S-соединений была изучена Zhang и др. В этом исследовании результаты по S-удалению были получены в следующей последовательности: дибензотиофен (DBT) > бензотиофен (BT) > 4,6-диметилдибензотиофен (4,6-DMDBT) > 1-додеканэтиол (RSH), и такой же результат был получен при использовании L-Pro:p-TsOH (мольное соотношение 1:2) в качестве DES [110]. Примечательно, что 99% S-соединений удаётся удалить уже через 3 ч. Такая динамика позволяет сделать вывод о том, что ароматическое кольцо может оказывать положительное влияние на экстракцию и усиливать взаимодействие между DES и S-соединениями. Экстракционные характеристики RSH согласуются с DFT-расчётами, поскольку СН-π-взаимодействие между DES и RSH не обнаружено. Однако для 4,6-DMDBT основным препятствием для экстракции стали стерические помехи со стороны метильных групп. Кроме того, системы десульфуризации на основе DES получили широкое субстратное развитие в ароматических S-содержащих соединениях.

### **Заключение**

В данном обзоре приводится краткое описание параметров экстрактивной сероочистки нефтяного топлива с помощью DES. К ним относятся массовое соотношение DES и нефти, начальное содержание S, виды DES, взаимная растворимость, температура.

В результате проведенного литературного анализа были сделаны следующие выводы: 1) более высокое массовое соотношение DES и нефти приводит к большему удалению S за



один цикл и не изменяет коэффициенты разделения, что должно быть компромиссом между стоимостью и однократным удалением S; 2) многократная экстракция может обеспечить полное удаление S независимо от начального содержания S; 3) растворимость DES в нефтяном топливе незначительна и зависит от содержания природной нефти; 4) равновесное время и температура не являются определяющими для сероочистки при использовании низковязких DES; 5) DES регенерируются с незначительной потерей активности после ограниченного количества циклов. Аналогичные выводы были сделаны и при проверке реальных нефтяных топлив с их сложным составом, который снижает эффективность удаления S-соединений. Исходя из того, что извлечение S-соединений из нефти с помощью DES не является чисто физическим процессом взаимодействия, в ближайшем будущем DES могут быть адаптированы для достижения лучших результатов при сероочистке реальных нефтяных топлив. Важно отметить, что состав DES должен быть изучен после его переработки. DES-EDS является потенциальным методом удаления тиофеновых соединений, поэтому он предпочтительнее традиционной технологии HDS.

### References

1. Desulphurization of fuel oils using ILs, in: *Petrochemical Catal* / A.W. Bhutto et al // *Mater. Process. Emerg. Technol.*, IGI Global. – 2016. – P. 254-284.
2. Oxidative desulfurization of gasoline by ILs coupled with extraction by organic solvents / R. Abro et al // *J. Braz. Chem. Soc.* – 2016. – № 27. – P. 998-1006.
3. Deep desulfurization performance of thiophene with deep eutectic solvents loaded carbon nanotube composites / Y. Liu et al // *R.Soc.Open Sci.* – 2021. – № 8. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.201736>.
4. Seeberger A. Desulfurization of diesel oil by selective oxidation and extraction of sulfur compounds by ILs-a contrib. to a compet.process design / A. Seeberger, A. Jess // *GreenChem.* – 2010. – № 12. – P. 602-608.
5. Showcasing a review on deep eutectic solvents by As featured in: *reaction Chemistry & Engineering Deep eutectic solvents: alternative reaction media for organic oxidation reactions* / G. Di Carmine et al // *React. Chem. Eng.* – 2021. – № 6. DOI: <https://doi.org/10.1039/d0re00458h>.
6. A review of extractive desulfurization of fuel oils using ILs / R. Abro et al // *RSC Adv.* – 2014. № 4. – P. 35302-35317.
7. Deep eutectic solvents as alternative green solvents for the efficient desulfurization of liquid fuel: a comprehensive review / S. Tahir et al // *Fuel.* – 2021. – № 305. – P. 121502.
8. Simultaneously saccharification and fermentation approach as a tool for enhanced fossil fuels biodesulfurization / S.M. Paix~ao et al // *J. Environ. Manag.* – 2016. – № 182. – P. 397-405.
9. ILs in refinery desulfurization: comparison between biphasic and supported ionic liquid phase suspension processes / E. Kuhlmann et al // *ChemSusChem Chem. Sustain. Energy Mater.* – 2009. – № 2. – P. 969-977.
10. Extractive desulfurization of fuel oils with low-viscosity dicyanamide-based ILs / C. Asumana et al // *Green Chem.* – 2010. – № 12. – P. 2030-2037.
11. Extractive desulfurization of diesel fuel by amide-based type IV deep eutectic solvents / L. Xu et al // *J. Mol. Liq.* – 2021. – № 338. – P. 116620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116620>.
12. Visible-light driven degradation of tetracycline hydrochloride and 2,4-dichlorophenol by film-like Ncarbon@N-ZnO catalyst with three-dimensional interconnected nanofibrous structure / X. Chen et al // *J. Hazard. Mater.* – 2020. – № 392. – P. 122331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122331>.
13. Desulfurization of fuel oils: mutual solubility of ILs and fuel oil / S. Gao et al // *Fuel.* – 2016. – № 173. – P. 164-171.
14. Ahmadian M. Oxidative desulfurization of liquid fuels using polyoxometalate-based catalysts: a review / M. Ahmadian, M. Anbia // *Energy Fuels.* – 2021. – № 35. – P. 10347-10373.
15. Hernandez-Maldonado A.J. Desulfurization of transportation fuels by  $\pi$ -complexation sorbents: Cu (I)-, Ni (II)-, and Zn (II)- zeolites / A.J. Hernandez-Maldonado, F.H. Yang, G.Qi, R.T. Yang // *Appl. Catal. B Environ.* – 2005. – № 56. – P. 111-126.
16. Extractive desulfurization of fuel oil with metal-based ILs / T.-J. Ren et al // *Chin. Chem. Lett.* – 2015. – № 26. – P. 1169-1173.

17. Girgis M.J. Reactivities, reaction networks, and kinetics in highpressure catalytic hydroprocessing / M.J. Girgis, B.C. Gates // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2021. – № 30(1991) – P. 2058.
18. Overview of acidic deep eutectic solvents on synthesis, properties and applications / H. Qin et al // *Green Energy Environ.* – 2020. – № 5. – P. 8-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gee.2019.03.002>.
19. Zhang S. Extractive desulfurization and denitrogenation of fuels using ILs / S. Zhang, Q. Zhang, Z.C. Zhang // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2004. – № 43. – P. 614-622.
20. Extractive desulfurization of liquid fuel by using a green, neutral and task specific phosphonium ionic liquid with glyceryl moiety: a joint experimental and computational study / F.R. Moghadam et al // *Fuel.* – 2017. – № 208. – P. 214-222.
21. Removal of benzothiophene by extraction with deep eutectic solvents [Bmim]Br-Polyalcohol / L. Wenshen et al // *China Pet. Process. Petrochem. Technol.* – 2020. – № 22. – P. 49-55.
22. Promising technological and industrial applications of deep eutectic systems / A. Mannu et al // *Mater. Rev.* – 2021.
23. Concurrent desulfurization and denitrogenation of fuels using deep eutectic solvents / F. Lima et al // *Sustain. Chem. Eng.* – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b00877>.
24. The role of ILs in desulfurization of fuels: a review / M.H. Ibrahim et al // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2017. – № 76. – P. 1534-1549.
25. One-pot oxidative desulfurization of fuels using dual-acidic deep eutectic solvents / W. Liu et al // *Fuel.* – 2020. – № 265. – P. 116967. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116967>.
26. Forte P. Process for the removal of sulfur from petroleum fractions. / P. Forte. – 1996.
27. Desulfurization and denitration of light oil by extraction / Y. Horii et al. – 1996.
28. Katasonova O.N. Extraction methods for removing sulfur and its compounds from crude oil and petroleum products, Russ / O.N. Katasonova, E.Y. Savonina, T.A. Maryutina // *J. Appl. Chem.* – 2021. – № 94. – P. 411-436. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1070427221040017>.
29. Feasibility of phosphonium-based ILs as solvents for extractive desulfurization of liquid fuels / O.U. Ahmed et al // *Fluid Phase Equilib.* – 2015. – № 401. – P. 102-109.
30. Deep desulfurization of diesel fuel by extraction with ILs / A. Bosmann et al // *Chem. Commun.* – 2001. – P. 2494-2495.
31. Wang, Extractive desulfurization of gasoline using imidazolium-based phosphoric ILs / Y. Nie et al // *Energy Fuels.* – 2006. – № 20. – P. 2083-2087.
32. Eßer J. Deep desulfurization of oil refinery streams by extraction with ILs / J. Eßer, P. Wasserscheid, A. Jess // *Green Chem.* – 2004. – № 6. – P. 316-322.
33. Desulfurization of fuel by extraction with pyridinium-based ILs / H. Gao et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2008. – № 47. – P. 8384-8388.
34. Plechkova N.V. Applications of ILs in the chemical industry / N.V. Plechkova, K.R. Seddon // *Chem. Soc. Rev.* – 2008. – № 37. – P. 123-150.
35. Heterogeneous catalysts SILP with phosphotungstic acid for oxidative desulfurization: effect of ionic liquid / A.A. Bryzhin et al // *Kinet. Catal.* – 2020. – № 61. – P. 775-785. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0023158420050018>.
36. Preparation of novel, moisture-stable, Lewis-acidic ILs containing quaternary ammonium salts with functional side chains Electronic supplementary information (ESI) available: plot of conductivity vs. temperature for the ionic liquid formed from zinc chloride and choline chloride (2:1) / A.P. Abbott et al // *Chem. Commun.*, 2001. – P. 2010-2011.
37. Deep desulfurization of fuels with cobalt chloride-choline chloride/polyethylene glycol metal deep eutectic solvents / H. Xu et al // *Fuel.* – 2018. – № 225. – P. 104-110.
38. Combined extractive dearomatization, desulfurization, and denitrogenation of oil fuels using deep eutectic solvents: a parametric study / S.E.E. Warrag et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2020. – № 59. – P. 11723-11733. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01360>.
39. Study on the desulfurization and regeneration performance of functional deep eutectic solvents / B. Wang et al // *ACS Omega.* – 2020. – № 5. – P. 15353-15361. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01467>.
40. Nie Y. Extractive desulfurization of fuel oil using alkylimidazole and its mixture with dialkylphosphate ILs / Y. Nie, C.-X. Li, Z.-H. Wang // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2007. – № 46. – P. 5108-5112.

41. Parkinson G. Diesel desulfurization puts refiners in a quandary / G. Parkinson // *Chem. Eng.* – 2001. – № 108. – P. 37.
42. Dehghan R. Zeolites for adsorptive desulfurization from fuels: a review / R. Dehghan, M. Anbia // *Fuel Process. Technol.* – 2017. – № 167. – P. 99-116.
43. Ganiyu S.A. Review of adsorptive desulfurization process: overview of the non-carbonaceous materials, mechanism and synthesis strategies / S.A. Ganiyu, S.A. Lateef // *Fuel.* – 2021. – № 294. – P. 120273.
44. Combination of coordinatively unsaturated metal sites and silver nano-particles in a Ni-based metal-organic framework for adsorptive desulfurization / C. Huang et al // *Microporous Mesoporous Mater.* – 2021. – P. 111241.
45. Competitive adsorption desulfurization performance over K-Doped NiY zeolite / H. Li et al // *J. Colloid Interface Sci.* – 2016. – № 483. – P. 102-108.
46. Desulfurization kinetics and regeneration of silica gel-supported TiO<sub>2</sub> extrudates for reactive adsorptive desulfurization of real diesel / L. Dong et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2020. – № 59. – P. 10130-10141.
47. Ab initio screening of zeolite Y formulations for efficient adsorption of thiophene in presence of benzene / E.P. Hessou et al // *Appl. Surf. Sci.* – 2021. – № 541. – P. 148515.
48. Song C. New design approaches to ultra-clean diesel fuels by deep desulfurization and deep dearomatization / C. Song, X. Ma // *Appl. Catal. B Environ.* – 2003. – № 41. P. 207-238.
49. Ultra-deep desulfurization and denitrogenation of diesel fuel by selective adsorption over three different adsorbents: a study on adsorptive selectivity and mechanism / J.H. Kim et al // *Catal. Today.* – 2006. – № 111. – P. 74-83.
50. On the mechanism of reactive adsorption of dibenzothiophene on organic waste derived carbons / C.O. Ania et al // *Appl. Surf. Sci.* – 2007. – № 253. – P. 5899-5903.
51. A. FT-IR, study of the adsorption of indole, carbazole, benzothiophene, dibenzothiophene and 4, 6- dibenzothiophene over solid adsorbents and catalysts / M.A. Larrubia et al // *Appl. Catal. A Gen.* – 2002. – № 224. – P. 167-178.
52. Adsorptive removal of thiophene and benzothiophene over zeolites from Mae Moh coal fly ash / C. Ngamcharussrivichai et al // *Fuel.* – 2008. – № 87. – P. 2347.
53. Desulfurization by adsorption with copper supported on zirconia / P. Baeza et al // *Catal. Commun.* – 2008. – № 9. – P. 751-755.
54. Evaluation of adsorptive desulfurization performance and economic applicability comparison of activated carbons prepared from various carbon sources / K. Chen et al // *RSC Adv.* – 2020. – № 10. – P. 40329-40340.
55. Lee S.H.D. Sulfur removal from diesel fuel-contaminated methanol / S.H.D. Lee, R. Kumar, M. Krumpelt // *Sep. Purif. Technol.* – 2002. – № 26. – P. 247-258.
56. Futuristic advance and perspective of deep eutectic solvent for extractive desulfurization of fuel oil: a review / M.F. Majid et al // *J. Mol. Liq.* – 2020. – № 306. – P. 112870.
57. Ma X. A new approach to deep desulfurization of gasoline, diesel fuel and jet fuel by selective adsorption for ultra-clean fuels and for fuel cell applications / X. Ma, L. Sun, C.Song // *Catal. Today.* – 2002. – № 77. – P. 107-116.
58. Deep-desulfurization of dibenzothiophene and its derivatives present in diesel oil by a newly isolated bacterium *Achromobacter* sp. to reduce the environmental pollution from fossil fuel combustion / N.K. Bordoloi et al // *Fuel Process. Technol.* – 2014. – № 119. – P. 236-244.
59. A. Hirschler, C. Carapito, L. Maurer, J. Zumsteg, C. Villette, D. Heintz, C. Dahl, A. Al-Nayal, V. Sangal, H. Mahmoud, Biodesulfurization induces reprogramming of sulfur metabolism in *Rhodococcus qingshengii* IGTS8: proteomics and untargeted metabolomics / A. Hirschler et al // *Microbiol. Spectr.* – 2021. – № 9. – P. e00692-21.
60. Analysis of biodesulfurization of model oil system by the bacterium, strain RIPI-22 / M. Rashtchi et al // *Biochem. Eng. J.* – 2006. – № 29. – P. 169-173.
61. Kilbane J.J. Sulfur-specific microbial metabolism of organic compounds / J.J. Kilbane // *Resour. Conserv. Recycl.* – 1990. – № 3. – P. 69-79.
62. Microbial desulfurization of coal and oil / J. Klein et al // *Fuel Process. Technol.* – 1994. – № 40. – P. 297-310.

63. Klein J. Technological and economic aspects of coal biodesulfurisation / J. Klein // *Biodegradation*. – 1998. – № 9. – P. 293-300.
64. Gallagher J.R. Microbial desulfurization of dibenzothiophene: a sulfur-specific pathway / J.R. Gallagher, E.S. Olson, D.C. Stanley // *FEMS Microbiol. Lett.* – 1993. – № 107. – P. 31-35.
65. Biodesulfurization of hydrodesulfurized diesel oil with *Pseudomonas delafieldii* R-8 from high density culture / G. Shan et al // *Biochem. Eng. J.* – 2006. – № 27. – P. 305-309.
66. Biodesulfurization: a mini review about the immediate search for the future technology / D. Boniek et al // *Clean Technologies and Environmental Policy*. – 2014. – № 17(1). – P. 29-37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0812-x>.
67. Enhanced oxidative desulfurization of model fuel: a comprehensive experimental study, South African / N. Kayedi et al // *J. Chem. Eng.* – 2021. – № 35. – P. 153-158.
68. A comprehensive review on oxidative desulfurization catalysts targeting clean energy and environment / A. Rajendran et al // *J. Mater. Chem.* – 2020. – № A 8. – P. 2246-2285.
69. Oxidative processes of desulfurization of liquid fuels / J.M. Campos-Martin et al // *J. Chem. Technol. Biotechnol.* – 2010. – № 85. – P. 879-890.
70. Poole C.F. Chromatographic and spectroscopic methods for the determination of solvent properties of room temperature ILs / C.F. Poole // *J. Chromatogr.* – 2004. – № A 1037. – P. 49-82.
71. Babich I.V. Science and technology of novel processes for deep desulfurization of oil refinery streams: a review / I.V. Babich, J.A. Moulijn // *Fuel*. – 2003. – № 82. – P. 607-631.
72. Atilhan M. Review and perspectives for effective solutions to grand challenges of energy and fuels technologies via novel deep eutectic solvents / M. Atilhan, S. Aparicio // *Energy Fuels*. – 2021. – № 35. – P. 6402-6419. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c00303>.
73. Abotsi G.M.K. A review of carbon-supported hydrodesulfurization catalysts / G.M.K. Abotsi, A.W. Scaroni // *Fuel Process. Technol.* – 1989. – № 22. – P. 107-133.
74. Tam P.S. Desulfurization of fuel oil by oxidation and extraction. 2. Kinetic modeling of oxidation reaction / P.S. Tam, J.R. Kittrell, J.W. Eldridge // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 1990. – № 29. – P. 324-329.
75. Baxendale J.H. The kinetics of polymerisation reactions in aqueous solution / J.H. Baxendale, M.G. Evans, J.K. Kilham // *Trans. Faraday Soc.* – 1946. – № 42. – P. 668-675.
76. Formation of the full SNARE complex eliminates interactions of its individual protein components with the Kv2.1 channel / S. Tsuk et al // *Biochemistry*. – 2008. – № 47. – P. 8342-8349.
77. Lo W.-H. One-pot desulfurization of light oils by chemical oxidation and solvent extraction with room temperature ILs / W.-H. Lo, H.-Y. Yang, G.-T. Wei // *Green Chem.* – 2003. – № 5. – P. 639-642.
78. Deep desulfurization of fuel oils using low-viscosity 1-ethyl-3-methylimidazolium dicyanamide ionic liquid / G. Yu et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2011. – № 50. – P. 2236-2244.
79. A hierarchical hybrid method for screening ionic liquid solvents for extractions exemplified by the extractive desulfurization process / D. Peng et al // *ACS Sustain. Chem. Eng.* – 2021. – № 9. – P. 2705-2716.
80. Deep oxidative desulfurization of diesel fuels by acidic ILs / G. Yu et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2011. – № 50. – P. 11690-11697.
81. Catalytic kinetics of dibenzothiophene oxidation with the combined catalyst of quaternary ammonium bromide and phosphotungstic acid / D. Huang et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2007. – № 46. – P. 6221-6227.
82. Deep oxidative desulfurization of fuels using peroxophosphomolybdate catalysts in ILs / L. He et al // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2008. – № 47. – P. 6890-6895.
83. Kinetics and mechanism for oxidative desulfurization of fuels catalyzed by peroxo-molybdenum amino acid complexes in water-immiscible ILs / W. Zhu et al // *J. Mol. Catal. A Chem.* – 2011. – № 336. – P. 16-22.
84. Ultra-deep oxidative desulfurization of fuel with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> catalyzed by mesoporous silica-supported molybdenum oxide modified by Ce / Y. Chen et al // *Appl. Sci.* – 2021. – № 11. P. 2018.
85. Catalytic kinetics of oxidative desulfurization with surfactant-type polyoxometalate-based ILs / W. Zhu et al // *Fuel Process. Technol.* – 2013. – № 106. – P. 70-76.

86. Purifying of waste tire pyrolysis oil using an S- ZrO<sub>2</sub>/SBA-15-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> catalytic oxidation method / M.N. Hossain et al // *Catalysts*. – 2020. – № 10. – P. 368.
87. Ohshiro T. Enzymatic desulfurization of dibenzothiophene by a cell free system of *Rhodococcus erythropolis* D-1 / T. Ohshiro, Y. Hine, Y. Izumi // *FEMS Microbiol Lett.* – 1994. – № 118. – P. 341-344.
88. Demonstration of the carbon–sulfur bond targeted desulfurization of benzothiophene by thermophilic *Paenibacillus* sp. strain A11-2 capable of desulfurizing dibenzothiophene / J. Konishi et al // *FEMS Microbiol Lett.* – 2000. – № 187. – P. 151-154.
89. Biodesulfurization of hydrodesulfurized diesel oil with *Pseudomonas delafieldii* R-8 from high density culture / S. Guobin et al // *Biochem Eng J.* – 2006. – № 27. – P. 305-309.
90. Soleimani M. Biodesulfurization of refractory organic sulfur compounds in fossil fuels / M. Soleimani, A. Bassi, A. Margaritis // *Biotechnol Adv.* – 2007. – № 25. – P. 570-596.
91. Dibenzothiophene biodesulfurization in resting cell conditions by aerobic bacteria / A. Caro et al // *Biochem Eng J.* – 2007. – № 35. – P. 191-197.
92. Alves L. Paixão SM (2014b) Fructophilic behavior of *Gordonia alkanivorans* strain 1B during dibenzothiophene desulfurization process / L. Alves // *N Biotechnol.* – № 31(1). – P. 73-79.
93. McFarland B. Biodesulfurization / B. McFarland // *Curr Opin Microbiol.* – 1999. – № 2. – P. 257-264.
94. Alves L. Paixão SM (2011) Toxicity evaluation of 2-hydroxybiphenyl and other compounds involved in studies of fossil fuels biodesulphurisation / L. Alves // *Bioresour Technol.* – № 102. – P. 9162-9166.
95. Roles of sulfite oxidoreductase and sulfite reductase in improving desulfurization by *Rhodococcus erythropolis* / S. Aggarwal et al // *Mol BioSyst.* – 2012. – № 8(10). – P. 2724-2732.
96. Optimization of low sulfur carob pulp liquor as carbon source for fossil fuels biodesulfurization / T.P. Silva et al // *J Chem Technol Biotechnol.* – 2013. – № 88. – P. 919-923.
97. In situ magnetic separation and immobilization of dibenzothiophene desulfurizing bacteria / Y-G. Li et al // *Bioresour Technol.* – 2009. – № 100. – P. 5092-5096.
98. Enhancement of dibenzothiophene desulfurization by *Gordonia alkanivorans* strain 1B using sugar beet molasses as alternative carbon source / L. Alves // *Appl Biochem and Biotechnol.* DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-014-0763-z>.
99. Khan N. Quaternary ammonium salts-based deep eutectic solvents: utilization in extractive desulfurization / N. Khan, V.C. Srivastava // *Energy Fuels.* – 2021. – № 35. – P. 12734-12745.
100. Insight into the mechanism of tuned extractive desulfurization by aqueous tetrabutylphosphonium bromide / H. Cheng et al // *Sep. Purif. Technol.* – 2021. – № 262. – P. 118342.
101. Experimental study and mass transfer modelling for extractive desulfurization of diesel with ionic liquid in microreactors / N. Jin et al // *Chem.Eng.J.* – 2021. – № 413. – P. 127419.
102. Fast oxidative desulfurization of fuel oil using dialkylpyridiniumtetrachloroferrates ILs / Y. Nie et al // *Fuel.* – 2013. – № 103. – P. 997-1002.
103. Deep desulphurization of gasoline and diesel fuels using non-hydrogen consuming techniques / M.F. Ali et al // *Fuel.* – 2006. – № 85. – P. 1354-1363.
104. Meindersma G.W. Selection of ILs for the extraction of aromatic hydrocarbons from aromatic/aliphatic mixtures / G.W. Meindersma, A.J.G. Podt, A.B. de Haan // *Fuel Process. Technol.* – 2005. – № 87. – P. 59-70.
105. Extractive desulfurization of liquid fuel with FeCl<sub>3</sub>-based deep eutectic solvents: Experimental design and optimization by central-composite design / Z.S. Gano et al // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification.* – 2015. – № 93. – P. 10-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.04.001>.
106. Natural deep eutectic solvents–solvents for the 21st century / A. Paiva et al // *Chem. Eng.* – 2014. – № 2. – P. 1063-1071.
107. Insight into effective denitrification and desulfurization of liquid fuel with deep eutectic solvents: an innovative evaluation criterion to filtrate extractants using the compatibility index / Z. Li et al // *Green Chem.* – 2018. – № 20. – P. 3112-3120.
108. Mako P. Deep eutectic solvents based highly efficient extractive desulfurization of fuels–Eco-friendly approach / P. Mako's, G. Boczkaj // *J. Mol. Liq.* – 2019. – № 296. – P. 111916.

109. Deep desulfurization of fuels: are deep eutectic solvents the alternative for ILs / F. Lima et al // Fuel. – 2021. – № 293. – P. 120297.
110. Extractive desulfurization of fuel oils using deep eutectic solvents / A. Rashid et al // A comprehensive review Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 10, Issue 3. – P. 107369.
111. Glycerol eutectics as sustainable solvent systems / A.P. Abbott et al // Green Chem. – 2011. – № 13. – P. 82-90.
112. Smith E.L. Deep eutectic solvents (DESs) and their applications / E.L. Smith, A.P. Abbott, K.S. Ryder // Chem. Rev. – 2014. – № 114. – P. 11060-11082.
113. Unveiling the Hidden Performance of Whole Cells in the Asymmetric Bioreduction of Aryl-containing Ketones in Aqueous Deep Eutectic Solvents December 2016 Advanced Synthesis & Catalysis, 359(6)
114. Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications / Q. Zhang et al // Jerome, Chem. Soc. Rev. – 2012. – № 41. – P. 7108-7146.
115. Extractive desulfurization of fuels using diglycol based deep eutectic solvents / D. Jha et al // J. Environ. Chem. Eng. – 2020. – № 8. – P. 104182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104182>.
116. Using deep eutectic solvents based on methyl triphenylphosphonium bromide for the removal of glycerol from palm-oil-based biodiesel / K. Shahbaz et al // Energy Fuels. – 2011. – № 25. – P. 2671-2678.
117. Systematic investigation of the extractive desulfurization of fuel using deep eutectic solvents from multifarious aspects / H. Lee et al // Fuel. – 2020. – № 264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116848>.
118. Novel sustainable metal complex based deep eutectic solvents for extractive desulphurisation of fuel / S.R. Shirazinia et al // J. Mol. Liq. – 2020. – № 301. – P. 112364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112364>.
119. Unveiling structure-function relationships in deep eutectic solvents based biomimetic catalysis for aerobic oxidative desulfurization / Z. Zhu et al // Fuel. – 2022. – № 308. – P. 122070. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122070>.
120. Biocompatible deep eutectic solvents based on choline chloride: characterization and application to the extraction of rutin from Sophora japonica / B.-Y. Zhao et al // ACS Sustain. Chem. Eng. – 2015. – № 3. – P. 2746-2755.
121. An approach to classification and hitech applications of room-temperature ILs (RTILs): a review / F. Javed et al // J. Mol. Liq. – 2018. – № 271. – P. 403-420.
122. A simple and cost effective extractive desulfurization process with novel deep eutectic solvents / X. Wang et al // RSC Adv. – 2016. – № 6. – P. 30345-30352.
123. Deng, Deep extractive desulfurization with arenium ion deep eutectic solvents / X. Tang et al // Ind. Eng. Chem. Res. – 2015. – № 54. – P. 4625-4632.
124. Extraction desulfurization process of fuels with ammonium-based deep eutectic solvents / C. Li et al // Green Chem. – 2013. – № 15. – P. 2793-2799.

#### **Информация о финансировании**

*Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант ИРН АР19676664 «Глубокие эвтектические растворители для десульфуризации топлив»).*

**А.Ж. Керимкулова<sup>1\*</sup>, Х.С. Рафикова<sup>1</sup>, Н.Б. Булатова<sup>1</sup>, Д.О. Абдирафиева<sup>1</sup>,  
М.Е. Дариджан<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Satbayev University,

050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Сәтбаев көшесі, 22

<sup>2</sup>Алматы технологиялық университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100

\*e-mail: kerimkulova07@mail.ru

#### **ТЕРЕҢЭВТЕКТИКАЛЫҚ ЕРІТКІШТЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП МҰНАЙ ОТЫНЫН КҮКІРТТЕН ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ ТАЗARTУ**

Алдағы онжылдықтарда таза энергия мен онымен байланысты қосымшаларды құрудың маңыздылығын бағаламауға болмайды. Улы шығарындыларды азайту және жою біздің планетамыздың өмір сүруі үшін маңызды екендігі дәлелденді. Жанармайдың құрамындағы күкірт (S) қосылыстары қоршаған ортаға елеулі қауіп төндіретін улы шығарындыларды тудырады. Сондықтан күкіртсіздендіру үдерісі бойынша зерттеулер бүкіл әлемде төмен S құрамы бар отынды алу үшін күшейді. Дәстүрлі гидрокүкіртсіздандыру (HDS) технологиясы жоғары құны, энергияны тұтынудың жоғарылауы, сутегі өндірісінің ұлғаюы және жоғары температураны пайдалану сияқты бірнеше кемшіліктерге байланысты кеңінен қабылданбады. Құрамындағы катализаторлар асыл металдар HDS-ке перспективті балама оның жұмсақ жұмыс жағдайларына байланысты экстрактивтік күкіртсіздендіру (EDS) процесі болып табылады. Соңғы жылдары Льюис/Бронстед қышқылдары мен негіздерінің эвтектикалық қоспасынан түзілген терең эвтектикалық еріткіштерді (DES) қолдануға көп зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Бұл шолудың мақсаты күкіртсіздендірудің басқа әдістерімен салыстырғанда DES-ті қолданатын ЭСҚ артықшылықтарын талқылау, сонымен қатар күкіртсіздендірудің әртүрлі факторларын сипаттау, мысалы, DES табиғаты, DES-тің отынға массалық қатынасы, температура, өзара ерігіштік, уақыт, бастапқы S құрамы. DES пайдаланатын ЭСҚ-ның ықтимал проблемалары мен кемшіліктері жақсы зерттелген. DES перспективалы физика-химиялық қасиеттеріне байланысты бұл шолуда DES таза мұнай отынын өндіру саласындағы көптеген молекулалық органикалық еріткіштерден артықшылықты үміткер ретінде ұсынылады.

**Түйін сөздер:** терең эвтектикалық еріткіштер, экстракция, күкірт қосылыстары, мотор отыны, иондық сұйықтар.

**A.Zh. Kerimkulova<sup>1\*</sup>, Kh.S. Rafikova<sup>1</sup>, N.B. Bulatova<sup>1</sup>, D.O. Abdirafiyeva<sup>1</sup>, M.E. Daridzhan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Satbayev University,  
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, 22 Satbayev Street

<sup>2</sup>Almaty Technological University,  
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, 100 Tole bi Street

\*e-mail: kerimkulova07@mail.ru

## EXTRACTIVE DESULFURIZATION OF PETROLEUM FUEL USING DEEP-EUTECTIC SOLVENTS

*In the coming decades, the importance of creating clean energy and its associated applications cannot be underestimated. Minimizing and eliminating toxic emissions has been proven to be critical to the survival of our planet. Sulfur (S) compounds in fuel create toxic emissions that pose a serious threat to the environment. Therefore, research on the desulphurization process has intensified worldwide to produce fuels with low S content. Traditional hydrodesulfurization (HDS) technology has not been widely adopted due to several disadvantages such as high cost, increased energy consumption, increased hydrogen production and the use of high content catalysts noble metals. A promising alternative to HDS is the extractive desulfurization (EDS) process due to its mild operating conditions. In recent years, much research attention has been paid to the use of deep eutectic solvents (DES), formed from a eutectic mixture of Lewis/Brønsted acids and bases. The purpose of this review is to discuss the advantages of EDS using DES compared to other desulfurization methods, as well as to describe various desulfurization factors such as the nature of DES, mass ratio of DES to fuel, temperature, mutual solubility, time, initial S content. The potential problems and shortcomings of EDS using DES have been well studied. Due to the promising physicochemical properties of DES, this review recommends DES as a preferred candidate over many molecular organic solvents in the field of clean petroleum fuel production.*

**Key words:** deep eutectic solvents, extraction, sulphur compounds, motor fuel.

### Сведения об авторах

**Айгуль Жадраевна Керимкулова\*** – Кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры ХиБИ, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: kerimkulova07@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4167-8921.

**Хадичахан Сабыржановна Рафикова** – PhD Доктор, ассоциированный профессор кафедры ХиБИ, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: kh.rafikova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8028-2244>.

**Нурлыару Булатовна Булатова** – магистрант, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: nurlyaru02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9698-2562>.

**Диана Олеговна Абдирафиева** – магистрант, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: diabdirafieva@mail.ru

**Мадина Еркінқызы Дариджан** – магистрант, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: madina.daridzhan@mail.ru ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1733-0380>

### Авторлар туралы мәліметтер

**Айгуль Жадраевна Керимкулова\*** – Химия ғылымының кандидаты, ХжБИ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University, Қазақстан Республикасы; e-mail: kerimkulova07@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4167-8921>.

**Хадичахан Сабыржановна Рафикова** – PhD доктор., ХжБИ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University, Қазақстан Республикасы; e-mail: kh.rafikova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8028-2244>.

**Нурлыару Булатовна Булатова** – магистрант, Satbayev University, Қазақстан Республикасы; e-mail: nurlyaru02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9698-2562>.

**Диана Олеговна Абдирафиева** – магистрант, Satbayev University, Қазақстан Республикасы; e-mail: diabdirafieva@mail.ru

**Мадина Еркінқызы Дариджан** – магистрант, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina.daridzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1733-0380>.

### Information about the authors

**Aigul Zhadraevna Kerimkulova\*** – Satbayev University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: kerimkulova07@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4167-8921>.

**Khadichakhan Sabrzhanovna Rafikova** – Satbayev University, PhD in Petrochemistry, Associate professor, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: kh.rafikova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8028-2244>.

**Nurlyaru Bulatovna Bulatova** – Satbayev University, master student; Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: nurlyaru02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9698-2562>.

**Diana Olegovna Abdirafiyeva** – Satbayev University, master student; Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: diabdirafieva@mail.ru

**Madina Erkinkyzy Daridzhan** – Almaty Technological University, master student; Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: madina.daridzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1733-0380>.

Поступила в редакцию 26.01.2024  
Поступила после доработки 19.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-59

IRSTI: 67.09.43



**Zh.A. Nurakhmetova<sup>1\*</sup>, S.A. Kosparmakova<sup>2</sup>, R.M. Dyusova<sup>3</sup>, G.Zh. Seitenova<sup>1</sup>,  
A.E. Jexembayeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
010000, Kazakhstan, Astana, 2 Satbaev Street

<sup>2</sup>Research and Production Center ENU-Lab at L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
010000, Kazakhstan, Astana, 13 Kazhymukan Street

<sup>3</sup>Toraighyrov University  
140008, Kazakhstan, Pavlodar, 64 Lomov Street

\*e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com

## POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE MODIFICATION FOR ENHANCED BITUMEN PROPERTIES

**Annotation:** This paper presents a review of both the research and practice regarding the latest available information on bitumen modified using polymers, among which special attention is paid to polyethylene (PE) and polypropylene (PP), both widely used to significantly improve the properties of bitumen. In this literature review, the authors concentrate on the chemical composition of modified bitumen, assessing the various approaches utilized in improving its engineering properties in paving, as well as looking at traditional additives and polymers. The latter have been shown to greatly enhance the performance characteristics and properties of bitumen. The viscoelastic behavior of polymer-modified bitumen (PMB) depends on various factors, including initial polymer structure and concentration, mixing temperature and technique, as well as species of bitumen and its resistance to factors such as solvents and temperature



*fluctuations. Though an assertion can be made that both traditional additives and polymers have the potential to improve specific properties of bitumen, PMB appears to provide significant increases to the ability of the composite material to withstand a broader range of climatic conditions.*

**Key words:** Polymer – modified bitumen, polyethylene, polypropylene, modification, coupling agent.

## Introduction

Bitumen has been utilized for millennia, and for over a century has been a staple material of the chemical industry, used as an ingredient in both adhesives and waterproofing [1]. At room temperature, in both its natural and refined states, bitumen, often called asphalt, particularly when employed as a road substrate, is a black viscous liquid or apparently solid substance obtained from heavy crude oil or even found in its natural state. The chemical composition of bitumen is extremely complex and varies, according to the crude oil origin and the refining process. It consists of a mixture of hydrocarbons and their derivatives, with a small amount of structurally analogous heterocyclic species and functional groups containing sulphur, nitrogen, oxygen and traces of metals, including vanadium and nickel. The hydrocarbon chains exhibit a saturated polycyclic aromatic, or polyaromatic, structure with a varying number of fused rings. These structures contain saturated hydrocarbon chains of different lengths and substitution structures. The actual bitumen molecule varies greatly, depending upon the aforementioned variables. It is soluble in trichloroethylene and toluene, among other solvents, substantially non-volatile, and, though virtually a solid under normal conditions, it softens gradually when heated [2]. Bitumen, which has been widely used for centuries, has a complex and varied chemical composition depending on the origin of the crude oil and the processing processes.

Bitumen is an inexpensive thermoplastic material that has been widely used in roofing and paving since time immemorial. Approximately 95% of the nearly 100 million tons of bitumen produced worldwide each year is utilized by the paving industry. It serves as an aggregate binder, forming bituminous mixes due to its excellent viscoelastic properties [3]. In paving applications, bitumen must demonstrate resistance to severe conditions, including extreme temperature variations and high traffic loads, thus its rheological properties play an important role. The majority of bitumen pavement around the world must survive such conditions, so it needs to be stiff enough to remain stable under high ambient temperatures to avoid rutting, while remaining soft and elastic enough at low temperatures to resist thermal cracking [4]. Further, bitumen must maintain this balance while under plastic deformation caused by the weight of moving vehicles. As regards functional properties, bitumen must transition to a liquid state at high temperatures, in excess of ~160°C, so as to achieve a homogeneous coating of the aggregate during the mixing process. All the above requirements strain neat bitumen past its natural specifications, so it cannot satisfy all the necessary engineering demands. The main disadvantage of bitumen derived directly from the petroleum refining processes is its limited temperature range, which reduces its use in road pavement. Nowadays, the service life of asphalt pavements has significantly shortened due to increased traffic volume and speeds. Consequently, maintenance costs in the road industry have risen, resulting in elevated prices to governments and thus to road users. Furthermore, the latter group are also put at additional risk should the former forego regular maintenance and replacement of road surfaces. Therefore, there is general agreement that the properties of bitumen must be improved [5]. Production of asphalt pavements with increased performance and quality is necessary for the purpose of reducing the costs of road construction and maintenance. In order to enhance the technical properties of bitumen, a growing number of research efforts have concentrated on chemical modification of the substance, resulting in different types of additives and modifiers being utilized. In recent years, polymers have attracted significant interest as effective modifiers, resulting in their having become preferred additives. Therefore, polymer-modified bitumen (PMB) is emerging as a focal point in much research, with the goal of enhancing the physico-chemical and rheological properties of the binder [6]. The utilization of bitumen directly from oil production imposes temperature limitations that reduce the longevity of the material. Chemical modification, particularly modification with polymers, presents a promising way for enhancing the performance and durability of bitumen, thereby the maintenance costs associated with road surfaces.

For a long time, polymer research and production has been a rapidly developing sphere, primarily due to the opportunity of manufacturing a variety of profitable materials. As they have a great number of applications, polymers are used in multiple fields across the economy, ranging from

very technical ones, such as pharmaceuticals (e.g. polyamino acids – PAAs) and electronics (e.g. polypyrrole - PPy), to more mundane ones, including cleansers (e.g. hydrophobically modified polymers - HMPs) and cookware (e.g. polytetrafluoroethylene – PTFE, or Teflon™). At present, one of the most promising directions for the use of polymers involves employing them as additives to road bitumen derived from petroleum [7]. Production of PMB is carried out through mechanical mixing of bitumen and one or more polymers. Often, other materials are added in order to enhance the overall properties of road bitumen, or asphalt, including non-polymer chemicals, carbon nanotubes and waste products, such as glass, rubber and even other polymer materials, but this paper only considers the interactions and benefits of the combination of bitumen and specifically chosen polymer additives, though, clearly, greater effects may accrue with broad combinations. Generally, the amount of polymer in relation to the weight of bitumen ranges from 3% to 10%. Some mixtures are said to be simple, because there are no chemical reactions between the bitumen and polymer, thus the polymer is merely considered to be a filler, which enhances the overall properties of the mixture. In the second case, in which the bitumen interacts with the polymer, the mixtures are called complex, because the chemical reactions that occur between the bitumen and polymer additive are necessary in order to achieve any desired enhancements [8].

Commonly used polymer mixtures contain about 75% elastomeric polymer (e.g. styrene-butadiene-styrene – SBS) and 15% plastomeric polymer (e.g. ethylene vinyl acetate – EVA), while the remaining 10% is shredded rubber and/or other inert materials (e.g. crushed glass). The cross-linked structure formed by elastomers and plastomers gives such polymers excellent technical properties. Therefore, when incorporated into bitumen, they help improve tensile strength, allowing a road to withstand shifting stresses, to stretch and recover its shape, and to have a more resilient and consistent surface. Plastomers are more rigid than elastomers, so provide higher initial strength under load and improve the deformation characteristics of asphalt, permitting resistance to rutting and thermal extremes. However, the use of plastomers may cause some issues, including stiffness and brittleness. The most commonly used plastomers are polyolefins, which have emerged as the leading modifier of bitumen. These include polyethylene (PE), polypropylene (PP), ethylene vinyl acetate (EVA), ethylene butyl acrylate (EBA), ethylene methyl acrylate (EMA), and polyvinyl chloride (PVC) [9]. PP is also now produced in Kazakhstan at the Kazakhstan Petrochemical Industries (KPI) plant, which is expected to output 500 thousand tons of the polymer each year.

The use of polymers enhances the performance of bitumen, but at a financial cost. Therefore, the replacement of raw polymers with recycled plastic waste is considered to be an important development, given both the potential cost savings and environmental benefits. With the increased production of polymer products in a great number of fields, as noted above, the issue of further utilization of this type of waste becomes urgent. Because used polymer materials are practically non-biodegradable, they are typically buried in landfills, potentially exposing the environment to incalculable and unknown damage. Integrating used plastics into road construction materials is an approach that could mitigate their environmental impact by redirecting plastics that would otherwise be disposed of in landfills [10]. The utilization of recyclable and waste materials in bitumen modification should also lead to a major reduction in the total cost of adding polymers to bitumen. Consequently, plastic waste is currently considered to be the most effective substitute for traditional polymers in road applications, and has been widely studied globally over the last decade and more. However, plastic waste often consists of unknown composition and mixtures. PE and PP represent the most widely produced plastics, as they are employed in consumer products, which are most often single-use applications. Therefore, researchers often use pure PE and PP in their work, hoping to find positive applications for these ubiquitous materials. Generating interest in these polymers has increased their value, as they can potentially achieve a double life cycle [11]. In future, the current research team hopes to obtain modified road bitumen that meets the extreme continental climatic requirements of Kazakhstan, while utilizing locally produced materials, including refined bitumen, PE and PP, as well as their recycled variants. The use of polymers as bitumen modifiers is a promising way to obtain stable and durable road surfaces in different climates and infrastructures. Using recycled plastic waste as a replacement for traditional polymers not only benefits the environment, but also provides significant cost savings.

The application of plastomers such as PP and PE as polymers for the production of PMB arose as a result of the high cost of the currently utilized styrenic polymers, which suffer rapid degradation

due to unsaturation. Polyolefin plastomers, PP and PE, have a low cost and high availability, as well as a demonstrated higher stability, than styrenic ones. For these reasons, PE and PP now play a leading role in PMB. Although PE and PP are the most commonly used plastomers, their non-polar nature creates certain compatibility issues with bitumen. The thermodynamic instability of this system can lead to phase separation, or sedimentation, under certain conditions. Moreover, the crystallization tendency of PE and PP severely limits their interaction with bitumen, so these polymers are not able to increase the elasticity of PMB [12-14]. Researchers have employed other plastomers to tackle compatibility and crystallization issues, utilizing polymers containing ester functional groups, which are capable of forming bonds. The ester groups in these polymers increase their polarity and reduce their tendency to crystallize. These polymers, thus, improve the consistency and storage stability of PMB [15]. Examples of such plastomers include EVA, EMA and EBA, among others, though such polymers are not as widely available as PE and PP.

The analysis has shown that PE and PP modified bitumen exhibits better performance characteristics, such as being stiff enough at high temperatures to resist rutting, than conventional mixtures. Another way to increase the compatibility of PE and PP with bitumen is to add a coupling agent to the mixture. Bitumen is known for being hydrophobic, thus why it has been used since ancient times in order to protect from moisture. PE and PP are also known, and used, for their ability to repel water. In order to achieve a concerted benefit, a coupling agent that acts as a bridge between these two is necessary. Such a coupling agent needs to be both hydrophilic and hydrophobic. Using an amorphous polymer has become a solution to this problem, as such a polymer has hydrophobic and hydrophilic functional groups. Therefore, with an amorphous polymer acting as a coupling agent for a bitumen and plastomer mixture, the resulting PMB is much more suitable for road construction applications under extreme conditions [16]. In addition to a wide range of amorphous polymers, other bitumen modifiers, such as polyphosphoric acid (PPA), sulfur, maleic anhydride, and a variety of clays, have been utilized as binding agents for PMB, acting as stabilizers. Such modifiers are characterized by their low cost and easy availability in sufficient quantities [17].

Modification of neat bitumen with synthetic PE and PP allows the creation of high-performance binders that yield additional technical requirements, such as improved thermomechanical resistance. Compared to the conventional variant, modified bitumen has a broader working temperature range. The properties of PE and PP in modified bitumen depend on the form and amount of polymer added. Previous research shows that the higher the polymer content, the faster the final properties are reached [18]. PE and PP addition to a base asphalt binder results in a stiffening action of the binder itself. This effect, particularly evident at high temperatures, becomes more pronounced at greater modifier concentrations. PE and PP, being plastomers, as stated above, add rigidity to the binder and reduce the deformation under load, though, unfortunately, do not show significant improvement to the elastic behavior [19]. Incorporating synthetic PE and PP into bitumen modification not only increases the thermomechanical resistance of the resulting binder, expands its operating temperature range, but also shows significant potential in solving problems of tearing at high temperatures.

The addition of polyolefin polymers generally increases the stiffness of bitumen and provides good rutting resistance. Given their relatively low melting point and high thermal stability, these polymers are well suited to the requirements of PMB production. Even if phase stability problems arise, these modifiers still result in improvements to the mechanical properties of bitumen. Furthermore, the addition of a coupling agent eases the mixing of PMB. Higher modification generates a better framework for polyolefin. Visual evaluation and FTIR analysis of recovered polymers suggest a different interaction between the bitumen and polyolefin. Additionally, PE recovered after solvent extraction contains a higher amount of bitumen residue compared to the recovered PP, indicating a more intrinsic interaction with the bitumen [20]. The development of new PMB of specific properties is a most difficult task, as it is related to the behavior of multi-phase formation, which controls the rheology of the resulting PMB and its mechanical properties [21].

Despite the considerable number of publications on this topic, many aspects of PMB remain unclear or even, likely for trade reasons, undisclosed. On one side, in fact, the literature shows that PMB is often evaluated through empirical methods, including penetration testing and softening point testing, which effectively categorize unmodified binders, but have been inadequate when evaluating the performance of more complex compounds. On the other side, the manufacturing protocols generally adopted for PMB in a laboratory setting emulate the standardized protocols used for

traditional neat bitumen. In the production of such materials, the different nature of the modifiers and the optimization of the blending process, including mixing time and temperature, must be carefully evaluated, especially if the results are then shared with the industry in expectation of later adoption. In addition to materials utilized, such parameters have a significant impact on bitumen-polymer interactions, and, thus, the characteristics of the final product [22].

### Conclusion

This article summarizes the results obtained from a literature review on the modification of different types of bitumen with polymers such as PE and PP. As a result of processing crude oil from different deposits, bitumen with varying chemical composition is produced. Unfortunately, the complexity of the chemical composition of bitumen from a variety of deposits and refineries results in significant differences in mechanical properties. With global economic development has come a significant increase in the number of cars and trucks, and, thus, the demand for bitumen has jumped sharply. Further, bitumen should also be adapted to local climatic conditions, which is a challenge that requires modern material science. As neat bitumen does not meet all desired requirements, many polymers have been tested as modifiers, so as to match the performance of the binder to specific applications, ranging from ambient temperatures near the natural melting point, all the way down to those below freezing, which makes it brittle. The ultimate properties of any resulting PMB depend on the characteristics and amount of polymers added. Among them, PE and PP are the most common, due to their availability and low cost. PE and PP modified bitumen binders are suitable for improvement of deformation resistance of bituminous compounds and asphalt concrete mixtures under high stresses. In spite of the proven advantages regarding the utilization of polymers in bitumen, compatibility issues arise when modifying bitumen with PE and PP, such as the occurrence of phase separation. Various solutions for overcoming the disadvantages of these polymer modifiers have been found, which has resulted in their wide adoption over the last few decades. Binding agent compounds overcome some of the issues, such as compatibility, but cannot completely solve them. Therefore, in the future, more research, both in the laboratory and the field, is needed so as to solve such problems and find new ways to maximize the properties of PMB both efficiently and cost effectively.

### References

1. Improvement of polypropylene (PP)-modified bitumen through lignin addition / E. Yuanita et al // *Innovation in Polymer Science and Technology*. – 2016. – V. 223. – P. 1-8.
2. BITUMIN-BOUND MATERIALS. [Electron. resource]. – 2014. <https://wollocivil.files.wordpress.com/2014/04/chapter-7-bitumen-bound-materials.pdf>. (28.01.2024).
3. Rheological Properties of Polyethylene and Polypropylene Modified Bitumen / N.Z. Habib et al // *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. – 2011. – V. 3, № 2. – P. 96-100.
4. Polymer Modified Binder (PMB). [Electron. resource]. – 2023. <https://austroads.com.au/publications/pavement/agpt04k/selection-of-treatments/binders/polymer-modified-binder-pmb>. (28.01.2024).
5. Bitumen and Bitumen Modification: A Review on Latest Advances / M. Porto et al // *Appl. Sci.* – 2019. – V. 9, № 742. – P. 1-35.
6. Akkouri N. Valorization of Plastic Waste (PP-LDPE) from Moroccan Industry in Modification of Hybrid Bitumen: Application of the Mixture Design Methodology / N. Akkouri, K. Baba, A. Elkassia // *International Journal of Pavement Research and Technology*. – 2023. – V. 16. – P. 760-779.
7. Rheological behavior of bitumen modified by reclaimed polyethylene and polypropylene from different recycling sources / Tian Xia et al // *Journal of Applied Science*. – 2020. – V. 138, № 20. – P. 1-7.
8. Comprehensive impact assessment of carbon neutral pathways and air pollution control policies in Shaanxi Province of China / Z. Lina et al // *Resources, Conservation & Recycling Advances*. – 2023. – № 18. – P. 1-18.
9. Modification and Enhancing Contribution of Fiber to Asphalt Binders and Their Corresponding Mixtures: A Study of Viscoelastic Properties / Ch. Li et al // *Materials*. – 2023. – № 12. – P. 1-8.
10. Study of the impact in bituminous mix using crushed waste glass / G. Prabhakaran et al // *Materialstoday: Proceedings*. – 2023. – P. 1-8.
11. Punith, V.S. Behaviour of asphalt concrete mixtures with reclaimed poly ethylene as additive / V.S. Punith, A. Veeraragavan // *J. Mater. Civ. Eng.* – 2007. – V. 19. – P. 500-507.

12. Becker, Y. Polymer Modified Asphalt / Y. Becker, M.P. Méndez, Y. Rodríguez // Vis. Tecnol. – 2001. – V. 9. – P. 39-50.
13. Lesueur D. Polymer modified Asphalts as Viscoelastic Emulsions / D. Lesueur, J. Gérard // J. Rheol. – 1998. – V. 42. – P. 1059-1074.
14. Lesueur D. The Colloidal Structure of Bitumen: Consequences on the Rheology and on the Mechanisms of Bitumen Modification / D. Lesueur // Adv. Colloid Interface Sci. – 2009. – V. 145. – P. 42-82.
15. Vargas C.A. Environmental impact of pavements formulated with bitumen modified with PE pyrolytic wax: A comparative life cycle assessment study / C.A. Vargas, H.R. Lu, A.E. Hanandeh // Journal of Cleaner Production. – 2023. – V. 419. – P. 1-16.
16. Cementitious Grouts for Semi-Flexible Pavement Surfaces-A Review / M.I. Khan et al // Materials. – 2022. – V.15. – P. 1-30.
17. Bitumen binders modified with chemically-crosslinked chitosan / S. Malinowski et al // Road materials and pavement design. – 2023. – V. 24, № S1. – P. S3-S18.
18. The use of Waste Polymers in Asphalt Mixtures: Bibliometric Analysis and Systematic Review / J. Zahraa et al // Journal of Composites Science. – 2023. – V. 7. – P. 1-30.
19. Provatorova G. Modification of bitumen for road construction / G. Provatorova, A. Vikhrev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – P. 1-7.
20. Desidery L. Variation of internal structure and performance of polyethylene- and polypropylene-modified bitumen during blending process / L. Desidery, M. Lanotte // Appl Polym Sci. – 2020. – P. 1-12.
21. Yadykova A.Y. Rheological and adhesive properties of nanocomposite bitumen binders based on hydrophilic or hydrophobic silica and modified with bio-oil / A.Y. Yadykova, S.O. Ilyin // Construction and Building Materials. – 2022. – V. 342. – P. 1-9.
22. Modification of bitumen using polyacrylic wig waste / M.N. Razali et al // International Conference on Engineering and Technology. – 2018. – P. 1-7.

### Acknowledgments

This research has been/was/is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR21882278 «Establishment of a construction and technical engineering centre to provide a full cycle of accredited services to the construction, road-building sector of the Republic of Kazakhstan»).

**Ж.А. Нурахметова<sup>1\*</sup>, С.А. Қоспармақова<sup>2</sup>, Р.М. Дюсова<sup>3</sup>, Г.Ж. Сейтенова<sup>1</sup>, А.Е. Джексембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті  
010000, Қазақстан, Астана қаласы, Сәтбаев көшесі, 2

<sup>2</sup>«ENU-Lab» ғылыми-өндірістік орталығы, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ  
010000, Қазақстан, Астана қаласы, Қажымұқан көшесі, 13

Торайғыров университеті,  
140008, Қазақстан, Павлодар, Ломов көшесі, 64

\*e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com

### ПОЛИЭТИЛЕН ЖӘНЕ ПОЛИПРОПИЛЕНМЕН БИТУМ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ ҮШІН МОДИФИКАЦИЯЛАУ

*Бұл мақалада полимерлерді қолдану арқылы модификацияланған битумдар туралы соңғы қол жетімді ақпаратқа қатысты ғылыми зерттеулер мен тәжірибелерге әдеби шолу берілген, олардың арасында битумның қасиеттерін айтарлықтай жақсарту үшін кеңінен қолданылатын полимер - полиэтиленге (ПЭ) және полипропиленге (ПП) ерекше назар аударылады. Бұл әдебиеттік шолуда авторлар модификацияланған битумның химиялық құрамына ерекше назар аударады, оның жол төсемдерінде қажет пайдалы инженерлік қасиеттерін жақсартуда қолданылатын әртүрлі әдістер мен тәсілдерді бағалайды, сонымен қатар дәстүрлі қоспалар мен полимерлерді де қарастырады. Модификациялауға қолданылатын полимерлер битумның техникалық сипаттамалары мен қасиеттерін айтарлықтай жақсартатыны көрсетілген. Полимер – модификацияланған битумның (ПМБ) тұтқыр серпімді қасиеті әртүрлі факторларға, соның ішінде полимерлердің бастапқы құрылымы мен концентрациясына, араластыру температурасы мен техникасына, сондай-ақ битум түрлеріне және оның еріткіштер мен температура ауытқулары сияқты факторларға төзімділігіне байланысты екені көрсетілген. Дәстүрлі қоспалардың да, полимерлердің де битумның арнайы*

ерекше қасиеттерін жақсартуға мүмкіндігі бар деген тұжырым жасауға болады, ПМБ композициялық материалдың климаттық жағдайлардың кең ауытқу ауқымына төтеп беру қабілетін айтарлықтай арттыруды қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** Полимер – модификацияланған битум, полиэтилен, полипропилен, модификация, байланыстырушы зат.

**Ж.А. Нурахметова<sup>1\*</sup>, С.А. Коспармакова<sup>2</sup>, Р.М. Дюсова<sup>3</sup>, Г.Ж. Сеитенова<sup>1</sup>,  
А.Е. Джексембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Еврзийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

010000, Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2

<sup>2</sup>Научно-производственный центр «ENU-Lab», ЕНУ им. Л.Н. Гумилева

010000, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13

<sup>3</sup>Торайгыров университет

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

\*e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОМ И ПОЛИПРОПИЛЕНОМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ БИТУМА**

В данной статье представлен обзор как научных исследований, так и практического опыта, касающихся последних доступных данных о битумах, модифицированных с использованием полимеров, среди которых особое внимание уделяется полиэтилену (ПЭ) и полипропилену (ПП), которые широко используются для значительного улучшения свойств битума. В рамках этого литературного обзора авторы сосредотачиваются на химическом составе модифицированного битума, оценивают различные подходы и методы, применяемые для улучшения его технических характеристик при строительстве дорожных покрытий, а также рассматривают традиционные добавки и полимеры. Исследование подтверждает, что полимеры значительно улучшают эксплуатационные характеристики и свойства битума. Вязкоупругие свойства полимерно-модифицированного битума (ПМБ) зависят от различных факторов, таких как исходная структура и концентрация полимера, температура и технология смешивания, а также разновидности битума и его устойчивость к таким факторам, как растворители и колебания температуры. Хотя можно утверждать, что как традиционные добавки, так и полимеры обладают потенциалом для улучшения специфических свойств битума, ПМБ, по-видимому, существенно повышает способность композитного материала выдерживать более широкий диапазон климатических условий.

**Ключевые слова:** Полимер – модифицированный битум, полиэтилен, полипропилен, модификация, связующее вещество.

### **Information about authors**

**Zhanara Anuarbekovna Nurakhmetova\*** – PhD, Senior Lecturer, Department of Chemistry; L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2558-8579>.

**Samal Akhmetaliyevna Kosparmakova** – master, deputy Director for Quality and Logistics, Research and Production Center «ENU-Lab», Astana, Kazakhstan; e-mail: smartsam0509@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-364X>.

**Rizagul Muslimovna Dyusova** – Candidate of Technical Sciences, post-doctoral student of the Department of Mechanics and Oil and Gas Business, NAO «Toraigyrov University», Pavlodar, Kazakhstan; e-mail: rizagul.dyusova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>.

**Gaini Zhumagalievna Seitenova** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, L. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: gainiseitenova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>.

**Asel Ermekovna Jexembayeva** – Director of the Innovation Development Department, L. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: dzhexembayeva\_aye@enu.kz.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Жанара Ануарбековна Нурахметова\*** – PhD, химия кафедрасының аға оқытушысы; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2558-8579>.

**Самал Ахметалиевна Қоспармақова** – магистр, «ENU-Lab» ғылыми-өндірістік орталығы директорының сапа және логистика жөніндегі орынбасары, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: smartsam0509@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-364X>.

**Ризагуль Муслимовна Дюсова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Механика және мұнай-газ дело» кафедрасының постдокторанты, «Торайғыров университеті» КЕАҚ, Павлодар қ., Қазақстан; e-mail: rizagul.dyussova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>.

**Гайни Жумағалиевна Сейтенова** – химия ғылымдарының кандидаты, «Химия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Еуразия ұлттық университеті. Л. Гумилева, Астана қ., Қазақстан; e-mail: gainiseitenova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>.

**Асель Еркековна Джексембаева** – Инновацияларды дамыту департаментінің директоры, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы; e-mail: dzhexembayeva\_aye@enu.kz.

#### Сведения об авторах

**Жанара Ануарбековна Нурахметова\*** – PhD, старший преподаватель кафедры химии; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г. Астана, Казахстан; e-mail: zhanaranurakhmet@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2558-8579>.

**Самал Ахметалыевна Коспармакова** – магистр, заместитель директора по качеству и логистике научно-производственного центра «ENU-Lab», г. Астана, Казахстан; e-mail: smartsam0509@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-364X>.

**Ризагуль Муслимовна Дюсова** – кандидат технических наук, постдокторант кафедры «Механика и нефтегазовое дело», НАО «Торайғыров университет», г.Павлодар, Казахстан; e-mail: rizagul.dyussova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>.

**Гайни Жумағалиевна Сейтенова** – кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Химия», Евразийский национальный университет им. Л. Гумилева, г. Астана, Казахстан; e-mail: gainiseitenova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>.

**Асель Еркековна Джексембаева** – директор Департамента развития инноваций, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г. Астана, Казахстан; e-mail: dzhexembayeva\_aye@enu.kz.

Received 19.02.2024

Revised 08.05.2024

Accepted 10.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-60

FTAXP: 31.23.99



**Н.Н. Нурғалиев<sup>1\*</sup>, А.Т. Оразбеков<sup>1,3</sup>, Ж.М. Жандосов<sup>2</sup>, Б.С. Гайсина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глиники көшесі, 20

<sup>2</sup>Жану проблемалар институты,  
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы, Бөгенбай батыр көшесі, 172

<sup>3</sup>Физика және математика бағытындағы Назарбаев зияткерлік мектебі,  
070000, Republic of Kazakhstan, Semey, Karagaily microdistrict, 1

\*e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

## БИМЕДИЦИНАЛЫҚ КӨМІРТЕКТИ АДСОРБЕНТТЕРДІҢ КЕУЕКТИ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН МЕНШІКТИ БЕТІН ЗЕРТТЕУ

**Аңдатпа:** Мақаланың мақсаты белсендірілген көмірдің беткі қабатын, микропора көлемін және жалпы кеуек көлемін йод пен метилен көк сандарымен бірнеше регрессияны ескеріп, талдау жолын байқату. Бұл әдіс күріштің қауызы прекурсорларынан дайындалған белсендірілген көмір үлгілерін зерттеу арқылы әзірленген. Және де адсорбенттің физикалық және химиялық сипаттамалары бойынша таңдау критерийлерін негіздеу болды. Кеуек құрылымын және беттік химияның әсерін жүйелі түрде бағалау үшін активтендірілген көмірді зерттелді. Йод саны мен метилен көк санын бірнеше регрессия арқылы белсендірілген көміртегі үлгілерінің бетінің ауданын, микропора көлемін және жалпы кеуек көлемін бағалау әдістемесі әзірленді. Күріштің қауызын фосфор қышқылымен түрлі температура жағдайында активациялаумен алған карбонизацияланған күріш қауызы (ККҚ) үлгілері серияларының ішінен жоғары меншікті беттік ауданы мен йод санына 400-500°C температураларда активацияланған үлгілері (ККҚ-Р-400 және ККҚ-Р-500) екені зерттелді. Бастапқы және соңғы өнімде оттегі мөлшері көп болған сайын, соншалықты белсендірілген көміртекті материал (БКМ) йод саны мен меншікті беттік ауданы арасындағы қатынасы жоғары

болады: фосфор қышқылымен  $500^{\circ}\text{C}$  температура жағдайында активациялаумен алынған үлгілерінің йод саны ( $1150 \text{ мг/г}$ ) мен меншікті беттік ауданы ( $1690 \text{ м}^2/\text{г}$ ) жоғары екені анықталды.

**Түйін сөздер:** белсендірілген көмір, адсорбент, кеуекті құрылым, беттік аудан, йод саны.

### Кіріспе

Лигноцеллюлоза өзіндік құны аздау көміртекті материалдарды алуға қолжетімді және жыл сайын қалпына келетін өсімдік шикізаты ретінде саналады. Ауылшаруашылық қалдықтары негізінде белсендірілген көмірлер көптеген үрдістер үшін зор маңызы бар кеуекті материал болып келеді. Белсендірілген көмірдің басты қолданыс аясы саласының бірі- газ немесе сұйық фазадағы ластаушы улағыштарды адсорбциялауы, газды сақтау мен катализаторлардың тасымалдаушысы ретінде қолданысы есептеледі. Белсендірілген көміртекті материалды (КМ) қолданылуына әсер етушілер кеуек көлемі мен беттік аудан сияқты физикалық параметрлермен сипатталады.

Көміртекті материалдың беттік ауданы Брунауэр-Эмметт-Теллер (БЭТ) әдісі арқылы өлшенеді және сұйық азоттың ( $77 \text{ K}$ ) әртүрлі қысымдағы адсорбциясын пайдаланады. Бұл әдістер кең таралып, кеуекті заттардың беттік ауданын анықтауда қолданылғанымен, біршама уақыт және қымбат қондырғыны пайдалануды талап етеді [1-7].

### Зерттеу әдістері

#### Рентгенфлюоресцентті анализ

Көміртек, сутек және азот мөлшерін элементарлы анализатор «VARIO ELEMENTAR III-те» анықталды. Бұл әдіс карбонизацияланған үлгіні оттегі қоспасынан тазартылған токқа жағуға негізделген. Көміртектің массалық үлесі үлгіні жаққанға дейінгі және кейінгі массалардың айырымы арқылы есептелді. Бұл әдістің қателігі 2-4%.

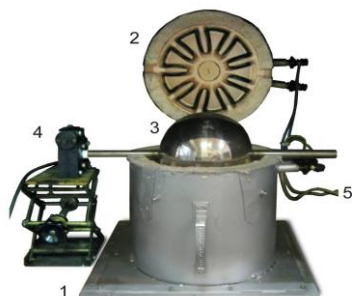
#### Энергодисперсиялық ионды рентгендік микроанализ

Үлгінің химиялық құрамына локальді анализ жүргізу үшін микроскоп энергодисперсиялық ионды рентгенді спектрометрмен EDAX (EDAX Co.), жасақталған жартылай өткізгішпен (полимер, терезесі  $d = 0,3 \text{ мм.}$ ), энергетикалық мүмкіндігі  $128 \text{ эВ}$  болатын детектормен жабдықталған. Электр шоғы фокустеледі.

#### Меншікті беттік ауданды анықтау (БЭТ әдісі)

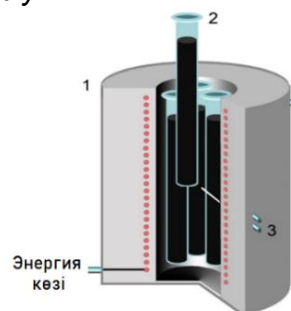
ККҚ үлгілерінің микрокеуектілігі мен мезокеуектілігінің құрылымдық сипаты ( $17\text{-ден } 3000 \text{ \AA}$ -ге дейін) туралы ақпаратты төмен температуралы азот әдісімен ASAP-2400 («Micromeritics Instrument. Corporation», Norcross, GA, USA) аспабында алынды.  $150^{\circ}\text{C}$  температурада алынған және  $0,001 \text{ мм.сын.бағ.}$ -нан төменгі қалған қысымда бар үлгілермен алдын ала дайындау жүргізілді. Одан кейін сұйық азот үшін  $77 \text{ K}$  температурада және қатысты қысым  $0,005$  до  $0,991 \text{ мм.сын.бағ.}$  аралығында болғанда азоттың адсорбциясының изотермасын өткіздік, сонымен қатар цилиндрлі кеуектердің шартты моделін қолдана отырып Barret-Joynner-Halenda әдісі бойынша жалпы беттік қабатты  $S_{\Sigma}$  және БЭТ әдісі бойынша микрокеуек көлемін  $S_{\mu}$ , кеуектердің жалпы көлемін  $V_{\Sigma}$ , микрокеуек көлемін  $V_{\mu}$ , кеуектің орташа диаметрін  $D_{\text{орт}}$  (микро- және макрокеуектерді санағанда) стандартты өңдеу жасадық. Кеуектердің өлшем бойынша таралуына қатысты әдістің мүмкіншілігі мезокеуек облысымен шектеледі.

#### Көміртекті материалдарды активациялау арқылы алу



1 – пештің ішкі корпусы; 2 – ілмегі бар пештің қақпағы;  
3 – сфералық реактор; 4 – мотор-редуктор;  
5 – энергия көзі;

Сурет 1а – Бу-газ активациясының қондырғысы



1 – Цилиндр пеш блогы; 2 – Фосфор қышқылы мен грек жаңғағының қабығы қоспалары бар кварц сынауықтары; 3 – термोजұптары

Сурет 1б – Күріш қауызының үлгісін фосфор қышқылы арқылы химиялық активациялау



### *Прекарбонизация*

Лигноцеллюлозды материал (прекурсор) фосфор қышқылымен (70%,  $\rho = 1,53 \text{ г/см}^3$ ) қажетті қатынаста араластырылды. Ішінде қоспасы бар шыны ыдысты кептіргіш шкафаға қойып, 160 – 200°C температурада кемінде 12 сағат кептірілді.

### *Лигноцеллюлозды материалды фосфор қышқылымен активациялау*

Ішінде бастапқы материал (прекурсор) фосфор қышқылымен әр түрлі қатынаста сіңдіріліп, одан кейін прекарбонизацияланған қоспасы бар кварцтан жасалған ыдыстарды хромель-алюмель терможұбымен жабдықталған вертикалды цилиндрлі пешке орналастырылды. Пештегі температураны  $\sim 5^\circ\text{C/мин}$  жылдамықпен 300-600°C температураға дейін көтеріп, белгілі бір уақыт (0,5; 1; 1,5 және 2сағ) ұсталды.

### *Нейтралдау*

ККҚ мен фосфор қышқылының карбонизацияланған қоспасына артық мөлшерде дистилденген су құяды. Суығаннан кейін қоспаны термотұрақты стақанға көшіреді. Фосфор қышқылын  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  -ға дейін сілтінің эквивалентті ерітіндісімен нейтралдайды, қоспаны 10 минут қайнатады. Седиментациядан кейін ерітіндіні төгіп, қалған тұнбаны екі рет жуады және қалған  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ерітіндісінің буферлі сыйымдылығын төмендету үшін қайнап тұрған дистилденген судың көп мөлшерімен жуады.

### *Дисилицирлеу*

Күріш қауызынан 600 г алып, оған 2М NaOH ерітіндісінен 6л құйып, 30 минут қайнатылды. Ерітіндіні декантациялап, дисилицирленген күріш қауызын қайнату-седиментация-декантация сияқты процедураларды көп рет қайталау арқылы жуылды.

Құрамындағы кремний диоксидін жоюға карбонизацияланған күріштің қауызын көлемі 2 л әрі 0,5М сілтінің ерітіндісінде 30 минут шамасында қайнатылды. Осы ерітіндінің седиментациясы аяқталған дейін тұндырып, ары қарай декантацияланды. Кейін тұнбаны бейтарапты реакцияға дейін дистилденген.

### *Шаю мен кептіру*

Карбонизация өнімін қышқыл мен сілтіден шаю дистилденген судың рН-ы 7 болғанша қайнату-седиментация-декантация сияқты процестерді бірнеше рет қайталау арқылы өткізілді. Үлгілер кептіргіш шкафта  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  температурада 12 сағаттан кем емес уақытта үлгі массасы тұрақты болғанға дейін кептіріліп, өлшеніп, герметикалық ыдыста сақталды.

### *Йод санын анықтау әдісі*

Осы жұмыста йод санын (IN) ASTM D4607-94 стандартының талабына сай анықталды.

1 л йод ерітіндісін (0,1N) дайындау үшін кристалдық йод (12,69 г) пен калий йодидының (19,1 г) үлгілерін алып, фарфор ступкасында уқаланды. Қоспаны 1л қара шыныдан жасалған өлшегіш колбасына ауыстырылып, 50 мл дистилденген су құйып, тығынмен жауып, араластырып, 4 сағатқа қалдырылды. Содан соң, колбаның ішіндегі белгіге дейін сумен сұйытылып, араластырылды. Йод ерітіндісінің дәл титрін анықтау үшін стандартты титрдан (фиксанал) дайындалған 0,1 н натрий тиосульфат ерітіндісі қолданылды. Йод ерітіндісін титрлеу крахмал индикаторын қолдана отырып жүргізілді. Йод адсорбциясын жүргізу үшін зерттелетін көміртекті материалдың 5 түрлі үлгілері (0,1; 0,2; 0,3; 0,4;  $0,5 \pm 0,0001$  г) алынып, 100 мл термотұрақты стакандарға салып, 10 мл 5% HCl ерітіндісі құйылып, 30с бойы плитқада буландырып, содан соң суытылды. Стакандарға 25 мл йод ерітіндісі құйылып, эксикаторда вакуумделді, үлгілер 10 мин бойы магнитті араластырғышта араластырылып, центрифугаланды. Тұндырылған ерітіндіні 100 мл колбаға құйып, йод ерітіндісінің соңғы концентрациясын анықтау үшін стандартты натрий тиосульфат ерітіндісімен титрленді. Адсорбциялық қабілет мына формула бойынша есептелінді:

$$q = \frac{(C_0 - C_{\text{теп-теңд}}) \cdot V}{m_{\text{БКМ}}} \times 1000$$

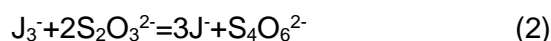
Мұндағы,  $q$  – 1 г БКМ адсорбцияланған йод мөлшері (мг)  $C_0$  – йод ерітіндісі бастапқы концентрация (шамасы 12,69 г/л),  $C_{\text{теп-теңд}}$  – йод ерітіндісінің тепе-теңдік концентрациясы, ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ерітіндісімен титрлеумен табылған) г/л,  $V$  – йод ерітіндісі көлемі (25 мл),  $m_{\text{БКМ}}$  – белсендірілген көмірдің массасы, г [8- 12].

### **Зерттеу нәтижелері**

Әдістеменің химизмі келесі теңдік реакциясына негізделген:

$$J_2 + J^- = J_3^- \quad [K = 7,1 \times 10^2] \quad (1)$$

Йодид-анионының болуы йодтың ерігіштігін, яғни трийодид-анионы формасына ауысуын қамтамасыз етеді (2).



Тиосульфаттың тетратионатқа дейін тотығуы йодтың сандық тотықсыздану есебінен өтеді және оның концентрациясын (2) теңдігіне сай анықтауға болады:

$$C_{I_2} = \frac{C_{Na_2S_2O_3} \cdot V_{Na_2S_2O_3}}{V_{I_2}} \times 129,6 \quad (3)$$

Йод санды анықтау әдістемесіне Фрейндлихтің сорбциялық моделдерін қолданғаны үшін келесідей теңдік келтірілген:

$$q = K \cdot C^n \quad (4)$$

$q$  – (1) теңдігінен алынған, йоды бойынша сорбциялы сыйымдылық (мг/г),

$C$  – йод ерітіндісі тепе-теңдігінің концентрация,

$K$  – Фрейндлих константасы,

$1/n$  – адсорбциялы көрсеткіші.

Йод бойынша меншікті адсорбция логарифм йод тепе-теңдігінің концентрациясының логарифміне тәуелділігін графикалық форматта түзу сызықпен кескіндейді, түзудің ордината осымен қиылысатын нүктесі  $\log K$  тең (4):

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C \quad (5)$$

Сүйір бұрыштының тангенсін қолданып, адсорбциялы көрсеткіштерін ( $\tan \alpha = 1/n$ ) есептей шығарды. Йод санын шартты концентрациясы 2,5 г/л (0,02 моль/л) болған кезде есептейді.

ККҚ үлгілерін йод сорбциясы және (1) мен (5) формулалар арқылы есептеме жүргізіп,  $\log q / \log C_{\text{тепе-теңд.}}$  координатасында график тұрғызылды [8,9].

Зерттеу нәтижелерін талдау кезінде статистиканың сипаттамалық және вариациялық әдістері қолданылды. Бірінші кезеңде негізгі зерттелетін параметрлердің статистикалық көрсеткіштер анықталды, содан кейін таралу қалыптылығына сынақ жүргізілді. Статикалық гипотезаларды тексеру кезіндегі маңыздылық деңгейін  $p=0,05$  тең қылынып қабылданды. Статистика алынған мәліметтерді статистикалық өңдеу жұмысы STATISTICA-6 және стандартты математикалық кестелер Microsoft Excel қолданбалы бағдарламалар көмегімен жүзеге асырылды.

#### **Ғылыми нәтижелерді талқылау**

Температура және уақыт белгіленген диапазонына толығымен әсер етеді. Бірақ та, 300°C жағдайында № 1 үлгі (сіңіру аралығы 2,0) үшін екі сағат, небәрі 30 минутта сіңіру аралығы 1,5) 400°C температура кезінде белсендірілген № 4 (1147 м<sup>2</sup>/г және 1600 м<sup>2</sup>/г) үлгісінің меншікті бетінің мәніне жету үшін, жеткіліксіз болды. Сіңіру арақатынасы бірдей (2,0) № 3 және № 4 (сәйкесінше 2010 м<sup>2</sup>/г және 2300 м<sup>2</sup>/г) үлгілерін салыстыруға астындағылар бақыланды: 400°C жағдайында 1,5 сағат үлкен меншікті беттің үлкеюіне әкелетін карбонизацияға тән №4 үлгісімен салыстырғандағы, №3 үлгіге 600°C температурасына 0,5 сағат карбонизациясы жеткілікті деңгейде жүруіне жеткіліксіз екені айқындалды.

Негізінде көміртекті материалдың меншікті беті және шығымы арасындағы жақсы сәйкестілік байқалады: шығым аз болған сайын, меншікті бет ұлғаяды. Өте жоғары температураларда сіңіру арақатынасы 0,5 тең үлгілер үшін көміртекті материалдар шығымының аз мәні активтеуші агенттің жеткіліксіз болуынан активацияның аралас типте жүруімен түсіндіріледі. Нәтижесінде масса жоғалу тек дегидратация есебінен ғана емес, сонымен бірге өнімнің меншікті беті аз мәнге ие болатын қарапайым пиролизге тән радикалды процестер арқасында оттегі және сутекпен көміртектің ұшқыш қосылыстар түрінде жоғалуынан болады.

Әр серияда меншікті беті үлкен үлгілер (сіңіру арақатынасы 2) және олардың текстурлы қасиеттерін одан әрі анықтау үшін азоттың төмен температуралы адсорбция тәсілі қолданылды.

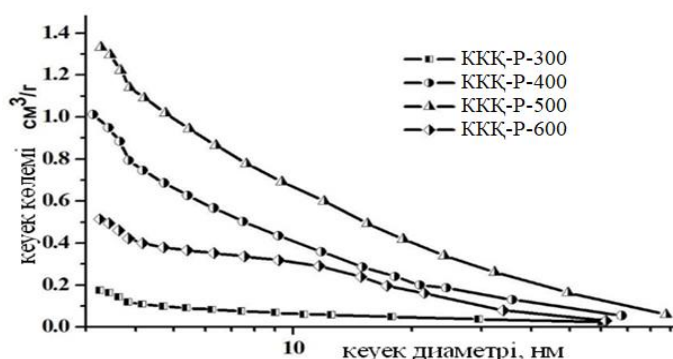
БЭТ тәсілімен есептелген беттің  $S_{\Sigma}$  және беттің микрокеуектерінің  $S_{\mu}$  қосындысы, кеуектердің қосынды көлемі  $V_{\Sigma}$ ; микрокеуектің көлемі  $V_{\mu}$ ; кеуектердің орташа диаметрін  $D_{орт}$  (микро- және мезокеуектерді есептей отырып) есептеумен бірге цилиндрлі кеуектерінің шартты моделін пайдаланып, стандартты қарымта өңдеуге БЭТ (Брунауэр-Эммет-Теллер) әдісімен өткізілді. Әдістің кеуектерді өлшемдері бойынша орналастыруға қатысты мүмкіндіктері мезокеуектер диапазонымен шектеледі. БЭТ әдісінің нәтижелері бойынша кеуектердің ең көп мөлшері мезокеуектерге сәйкес.

Мезокеуектер көлемі мен меншікті беттері сәйкес жалпы көлем мен меншікті беттерінің мәндері арқылы микрокеуектердің көлемдері мен меншікті беттің мәндерін кеміту арқылы саналды. Шыққан мәндері 3- кестеге алынды. Микрокеуектер көп мөлшерде тек қан №4 және № 3 үлгілерде ғана байқалды. Ал былайша мезокеуектің өлшемі 4 нм болса, ал кеуек өлшемі 3-тен 40 нм аралығын қамтып, өзгеріп отырды.

Кесте 1 – Азоттың адсорбциясы (БЭТ) әдісінен алған ККҚ үлгілері текстуралық қасиеттері

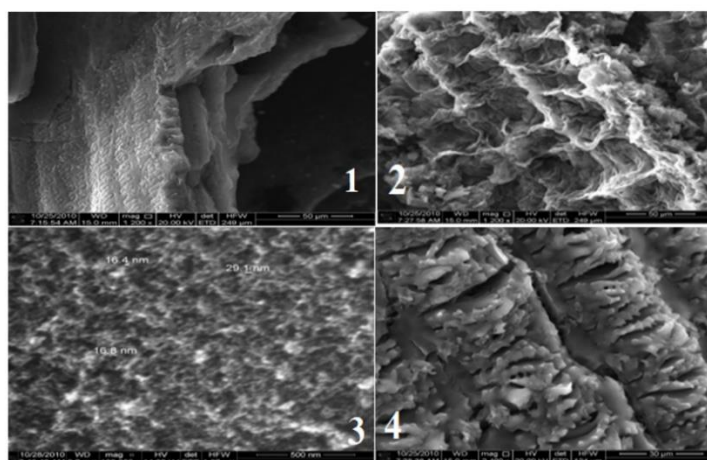
Үлгі	$S_{\Sigma}$	$S_{\mu}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{\mu}$ , см <sup>3</sup> /г	$D_{орт}$ , нм
ККҚ-Р-300	965	425	0,9	0,5	2,5
ККҚ-Р-400	1475	315	2,0	0,2	5,0
ККҚ-Р-500	1695	256	2,05	0,3	5,4
ККҚ-Р-600	1552	196	1,17	0,094	3,0

№ 1,2,3,4 үлгілер үшін кеуектердің өлшемдер бойынша интегралды және дифференциалды орналасуы төмендегі 2-суретте берілген.



Сурет 2 – № 1,2,3,4 үлгілер үшін өлшемдер бойынша кеуектердің интегралды орналасуы

Фосфор қышқылы арқылы десилицирленген активтелінген күріштің қауыз үлгінің сканирлейтін электронды микроскоптан (СЭМ) 3-сурет ұсынылған.



а – № 1 (үлкейту x1200); б – № 2(үлкейту x1200); в – № 11(үлкейту x160000); г – № 4 (үлкейту x2400)

Сурет 3 – СЭМ әдісімен алынған ККҚ-Р (№ 1,2,3,4) үлгілерінің суреттері

Үлгілерде (1,2,4) берілген суреттерде карбонизделген үлгілердің текстуралары, химиялық қайта өңдеуге қарамай, күріштің қауызының алғашқы морфологиясын сақтағаны анық байқалады. 3-үлгіде бірнеше нанометрді құрайтын мезокеуектердің өлшемдері үлгілердің жетілген кеуекті беттері берілді.

Плазмамен индуктивті байланысқан рентгенофлуоресцентті спектроскопия әдісімен жүргізілген № 1,2,3 және 4 үлгілердің элементті анализі металдардың және басқа элементтердің іздерінің бар екенін және 600°C температурада белсендірілген үлгі үшін фосфор мөлшерінің 2,5% жететінін, жақсы десиликацияға айғақтайтын кремнийдің айтарлықтай мөлшерінің бар екенін көрсетеді. Анализ мәліметтері 4 кестеде.

Кесте 2 – ККҚ үлгілерінің элементті анализі мәліметтері (%)

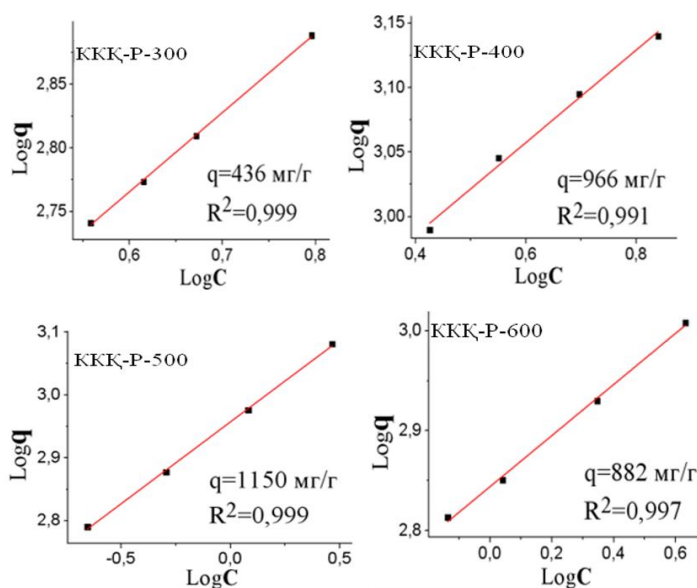
Үлгі	Элемент, %					
	C,H,N,O	Ca	P	S	Si	As, Cr, Ti, Fe, Cu, Ni, K, Cl, Mg, Al, Mn
ККҚ-Р-300	99,15	0,0143	0,767	0,024	0,0266	< 0,01%
ККҚ-Р-400	99,49	0,0209	0,410	0,0141	0,0338	< 0,01%
ККҚ-Р-500	99,00	0,0188	0,895	0,0147	0,0375	< 0,01%
ККҚ-Р-600	99,29	0,1572	2,442	0,0094	0,0876	< 0,01%

Фосфордың көп мөлшерінің болуы, соның ішінде № 4 үлгі үшін, С-О-Р байланыстарының болуына жанама айғақтайды, түзілетін материалдың көміртекті матрицасына қатысты лигнинцеллюлозды материалдардың химиялық активация процесінде пирофосфор қышқылы эфирлі байланыстар түзетіні әдебиеттерден белгілі.

«VARIO ELEMENTAR III» құрылғысында алынған элементті анализ мағұлматтары 3 кестеде берілген. Алынған мәліметтер бойынша №2 және №3 үшін, №1 және №4 салыстырғанда, көміртектің максималды мөлшері карбонизацияның жоғары деңгейін көрсетеді, және 2 кестедегі сәйкес үлгілер үшін кеуектердің мәншікті бет және көлемнің үлкен мәнімен үйлеседі.

Кесте 3 – үлгідегі С,Н,О элементтерінің пайыздық үлесі

Үлгі	C, %	H, %	N, %	O, %
ККҚ-Р-300	72,88	2,95	0,30	22,82
ККҚ-Р-400	87,88	2,42	0,20	8,80
ККҚ-Р-500	87,96	1,92	0,26	8,62
ККҚ-Р-600	78,33	1,92	0,51	16,37



Сурет 4 – Фрейндлих сызықты изотермасы арқылы ККҚ үлгілерінің йодпенен адсорбциялануы

Зерттелінген үлгілерінің йод сандарының (IN) мәндері алдында алынған меншікті беттік аудан мен элементтік анализдері 1,2 – кестелерге енгізілген болатын.

Кесте 4 – ККҚ үлгілерін синтездеуде температуралары мен құрамындағы оттегіне байланысты меншікті беттік ауданы және йод санына тәуелділігі

Үлгілер	IN, мг/г	S <sub>БЭТ</sub> , м <sup>2</sup> /г	S <sub>БЭТ</sub> /IN	$\frac{\Delta[S_{БЭТ}/IN]}{[S_{БЭТ}/IN]_{cp}} \times 100\%$ , %	O, %
ККҚ-Р-300	436	964	2,21	+27	22,8
ККҚ-Р-400	966	1476	1,53	-12,1	8,8
ККҚ-Р-500	1160	1680	1,47	-15,5	8,6
ККҚ-Р-600	882	1552	1,76	+1,2	16,4

Кесте 4-те көрінгендей, меншіктік беттік ауданы және йод саны жоғары болатын БКМ алудың оптималдық температуралары (400-500°C) бар. Сонымен қатар, меншікті беттік ауданы мен йод саны араларындағы айқын емес корреляциясы бар (3, 4 бағаналары), меншікті беттік ауданы және йод саны қатынастарының орташа мәндерінен ( $[S_{БЭТ}/IN]_{opt}=1,74$ ) ауытқуы 29%-дан аспайды. 1 және 4 бағаналар бойынша үлгілерінде қалайша оттегі артық болса, соншалықты меншікті беттік ауданы және йод саны қатынастары әлдеқайда жоғары болады. Байқалғандай, БКМ беттік қабатында полярлы оттеққұрамдас топтар мөлшері көп болса, полярсыз йод молекуласының адсорбциялануына кедергі болады.

#### Қорытынды

Қорыта келгенде, йод саны және меншікті беттік ауданы арасындағы байланысы сызықты түрде болмаса да, кеуекті КМ алуға тиімді жағдайлар жасап, бір-бірін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Күріштің қауызын фосфор қышқылы арқылы түрлі температуралар жағдайында белсендіру арқылы алынған ККҚ үлгілер серияларының ішіндегі жоғары меншікті беттік ауданы және йод санына 400-500°C температуралар аралығы белсендірілген үлгілері (ККҚ-Р-400 және ККҚ-Р-500) ие болды. Қаншалықты алғашқы мен соңғы өнімде оттегі көп болса, соншалықты БКМ меншікті беттік ауданы және йод санының ара қатынасы жоғары болады: фосфор қышқылы арқылы 500°C температурада белсендіруде алынған үлгілерінің меншікті беттік ауданы (1680 м<sup>2</sup>/г) және йод саны (1160 мг/г) жоғары болды.

Осы мақалада йод саны мен метилен көк санын бірнеше регрессия бойынша белсендірілген көміртегі үлгілерінің беттік ауданын, микрокеуек көлемі және жалпы кеуек көлемін талдау үшін қалайша қолдануға болатынын көрсетілді. Йод және метилен көк мөлшерін анықтау мақсатында пайдаланылатын шаралар салыстырмалы тұрғыда қолжетімді және қарапайым, сонымен қатар күрделі қажеттілікті сұратпайды. Бұл әдістеме белсендірілген көмірдің текстуралық қасиеттерін, тиісті сипаттамасын алмастырмағанымен де, газды адсорбциялау зерттеулеріне септігін тигізеді.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Analysis of factors influencing pore structure development of agricultural and forestry waste-derived activated carbon for adsorption application in gas and liquid phases: A review / R. Zhu et al // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – V. 9, Issue 5. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721008824>.
2. Li L. Effects of activated carbon surface chemistry and pore structure on the adsorption of organic contaminants from aqueous solution. / L. Li, P. Quinlivan, R. D.Knappe //Carbon. – 2002. – V. 40, Issue 12, – P. 2085-2100. DOI: [https://www.researchgate.net/publication/222940796\\_Effects\\_of\\_Activated\\_Carbon\\_Surface\\_Chemistry\\_and\\_Pore\\_Structure\\_on\\_the\\_Adsorption\\_of\\_Organic\\_Contaminants\\_from\\_Aqueous\\_Solution](https://www.researchgate.net/publication/222940796_Effects_of_Activated_Carbon_Surface_Chemistry_and_Pore_Structure_on_the_Adsorption_of_Organic_Contaminants_from_Aqueous_Solution).
3. Stavropolous G. Effect of activated carbons modification on porosity, surface structure and phenol adsorption. / G. Stavropolous, P. Samaras // Journal of Hazardous Materials. – 2008. – V. 151(2-3). – P. 414-421. DOI: [https://www.researchgate.net/publication/6194867\\_Effect\\_of\\_activated\\_carbons\\_modification\\_on\\_porosity\\_surface\\_structure\\_and\\_phenol\\_adsorption](https://www.researchgate.net/publication/6194867_Effect_of_activated_carbons_modification_on_porosity_surface_structure_and_phenol_adsorption).
4. Effect of pore size distribution of biomass activated carbon adsorbents on the adsorption capacity / Q. Wang et al // J. of chemical technology and biotechnology. – 2024. – V. 24, Issue1/ – P. 1085-1100. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S0045653522002570/>

5. Biomedical Applications of Carbon Adsorbents. In book: Novel Carbon Adsorbents. – 2012. – P. 639-669/ DOI: [https://www.researchgate.net/publication/285175294\\_Biomedical\\_Applications\\_of\\_Carbon\\_Adsorbents/](https://www.researchgate.net/publication/285175294_Biomedical_Applications_of_Carbon_Adsorbents/)
6. Effective Surface Structure Changes and Characteristics of Activated Carbon with the Simple Introduction of Oxygen Functional Groups by Using Radiation Energy / S.Y. Yang et al // Surfaces. – 2024. – V. 7(1). – P.12-25. DOI: <https://www.mdpi.com/2571-9637/7/1/2>.
7. A novel multi-functional magnetic Fe-Ti-V spinel catalyst for elemental mercury capture and callback from flue gas / Z.J. Mei et al // J. Hazard. Mater. – 2008. – P. 152-161. <https://www.rsc.org/suppdata/cc/c0/c0cc02645j/c0cc02645j.pdf>
8. Synthesis of chromium containing pigments from chromium galvanic sludges / P. Girods et al // J. Hazard. Mater. – 2009. – P. 466-471. DOI: [https://www.academia.edu/17184387/Synthesis\\_of\\_chromium\\_containing\\_pigments\\_from\\_chromium\\_galvanic\\_sludges/](https://www.academia.edu/17184387/Synthesis_of_chromium_containing_pigments_from_chromium_galvanic_sludges/).
9. Comparison of liquid hydrogen, methylcyclohexane and ammonia on energy efficiency and economy / G. Momen et al // Int. J. Hydrogen Energy. – 2009. – P. 34-37. DOI: [https://www.researchgate.net/publication/331809511\\_Comparison\\_of\\_liquid\\_hydrogen\\_methylcyclohexane\\_and\\_ammonia\\_on\\_energy\\_efficiency\\_and\\_economy](https://www.researchgate.net/publication/331809511_Comparison_of_liquid_hydrogen_methylcyclohexane_and_ammonia_on_energy_efficiency_and_economy).
10. Hung C.M. Estimation of surface area and pore volume of activated carbons by methylene blue and iodine numbers / C.M. Hung // J. Hazard. Mater. – 2009. – V. 166. – P. 13-14. DOI: [https://www.researchgate.net/publication/255748062\\_Estimation\\_of\\_surface\\_area\\_and\\_pore\\_volume\\_of\\_activated\\_carbons\\_by\\_methylene\\_blue\\_and\\_iodine\\_numbers](https://www.researchgate.net/publication/255748062_Estimation_of_surface_area_and_pore_volume_of_activated_carbons_by_methylene_blue_and_iodine_numbers).
11. Introduction to Carbon Nanotubes / A. Baçaoui et al // Carbon. – 2001. – V. 39. – P. 425-428. DOI: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/3-540-29838-X\\_3/](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/3-540-29838-X_3/)
12. Brunauer S. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers / S. Brunauer, P.H. Emmett, E. Teller // J. Am. Chem. Soc. – 1938. – V. 60. – P. 309-315. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja01269a023>.

**Н.Н. Нурғалиев<sup>1\*</sup>, А.Т. Оразбеков<sup>1,3</sup>, Ж.М. Жандосов<sup>2</sup>, Б.С. Гайсина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г.Семей, ул.Глинки, 20

<sup>2</sup>Институт проблем горения,  
050012, Республика Казахстан, город Алматы, ул. Богенбай батыр 172

<sup>3</sup>Назарбаев Интеллектуальная Школа физико-математического направления города Семей, 070000,  
Республика Казахстан, Семей, мкр.Карагайлы, 1

\*e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

## **ИЗУЧЕНИЕ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ БИОМЕДИЦИНСКИХ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ**

*В статье продемонстрировано, что площадь поверхности активированного угля, объем микропор и общий объем пор можно оценить с помощью множественной регрессии с числами йода и метиленового синего. Метод был разработан путем изучения образцов активированного угля, изготовленных из предшественников рисовой шелухи. Дано обоснование критериев выбора, исходя из физико-химических характеристик адсорбента. Активированный уголь был исследован для систематической оценки влияния структуры пор и химии поверхности. Разработана методика оценки площади поверхности, объема микропор и общего объема пор образцов активированного угля путем множественной регрессии йодного числа и числа метиленового синего. Среди серии образцов ККК, полученных активацией рисовой шелухи фосфорной кислотой при различных температурах, исследовано, что образцы (ККК-Р-400 и ККК-Р-500), активированные при температуре 400-500°С, обладают высокой удельной поверхностью, площадью и йодное число. Чем больше кислорода в исходном и конечном продуктах, тем выше соотношение удельной поверхности и йодного числа АКМ: установлено, что удельная поверхность (1690 м<sup>2</sup>/г) и йодное число (1150 мг/г) образцы, полученные активацией фосфорной кислотой при температуре 500°С, были выше.*

**Ключевые слова:** активированный уголь, адсорбент, пористая структура, площадь поверхности, йодное число.

**N.N. Nurgaliyev<sup>1\*</sup>, A.T. Orazbekov<sup>1,3</sup>, Zh.M. Zhandosov<sup>1</sup>, B.S. Gaisina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim university of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinki street, 20

<sup>2</sup>Institute of Combustion Problems,  
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty city, Bogenbay batyr street, 172

<sup>3</sup>Nazarbayev Intellectual School of Physics and Mathematics of Semey,  
070000, Republic of Kazakhstan, Semey, Karagaily microdistrict, 1

\*e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz

## STUDYING THE PORE STRUCTURE AND SURFACE PROPERTIES OF BIOMEDICAL CARBON ADSORBENTS

*The paper demonstrates that activated carbon surface area, micropore volume, and total pore volume can be estimated using multiple regression with iodine and methylene blue numbers. The method was developed by studying activated carbon samples made from rice husk precursors. A justification for the selection criteria is given based on the physicochemical characteristics of the adsorbent. Activated carbon was studied to systematically evaluate the influence of pore structure and surface chemistry. A technique has been developed to estimate the surface area, micropore volume and total pore volume of activated carbon samples by multiple regression of iodine number and methylene blue number. Among a series of KKK samples obtained by activating rice husks with phosphoric acid at different temperatures, it was studied that the samples (KKK-R-400 and KKK-R-500), activated at a temperature of 400-500°C, have a high specific surface area, area and iodine number. The more oxygen in the initial and final products, the higher the ratio of the specific surface area and iodine number of ACM: it was found that the specific surface area (1690 m<sup>2</sup>/g) and iodine number (1150 mg/g) of the samples obtained by activation with phosphoric acid at a temperature of 500°C were higher.*

**Key words:** activated carbon, adsorbent, porous structure, surface area, iodine number.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Нуржан Нурлыбекович Нурғалиев\*** – PhD, e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Асылбек Турғанбаевич Оразбеков** – 2 курс магистранты, e-mail: ashokkz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Жакпар Маратович Жандосов** – химия ғылымдарының кандидаты, доцент, e-mail: jandosov.j@kaznmu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3842-4397>.

**Балжан Сайлауовна Гайсина** – магистр, e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

### Сведения об авторах

**Нуржан Нурлыбекович Нурғалиев\*** – PhD, e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Асылбек Турғанбаевич Оразбеков** – магистрант 2 курса, e-mail: ashokkz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Жакпар Маратович Жандосов** – кандидат химических наук, доцент, e-mail: jandosov.j@kaznmu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3842-4397>.

**Балжан Сайлауовна Гайсина** – магистр, e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

### Information about the authors

**Nurzhan Nurlybekovich Nurgaliyev\*** – PhD, e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Assylbek Turganbayevich Orazbekov** – 2<sup>nd</sup> year masters student, e-mail: ashokkz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Zhakpar Maratovich Zhandosov** – candidate of chemical science, assoc.professor, e-mail: jandosov.j@kaznmu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3842-4397>.

**Balzhan Sailauovna Gaisina** – masters degree of chemistry, e-mail: balzhan-1982@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2744>.

Редакцияға енуі 01.03.2024

Өңдеуден кейін түсуі 06.04.2024

Жариялауға қабылданды 07.04.2024

**R.O. Orynbassar<sup>1\*</sup>, L.K. Tastanova<sup>1</sup>, F.M. Kanapieva<sup>2</sup>**<sup>1</sup>K. Zhubanov Aktobe Regional University,  
030000, Republic of Kazakhstan, Aktobe, 34 Moldagulova Avenue<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University  
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

\*e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru

**CONVERSION OF C<sub>4</sub>-FRACTION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS ON ZEOLITE-CONTAINING CATALYST MODIFIED WITH CHROMIUM AND PHOSPHORUS**

**Abstract:** A zeolite-containing catalyst modified with chromium and phosphorus additives has been developed. The technological conditions of its optimal activity in the dehydrogenation reaction and oligomerization of the C<sub>4</sub> fraction of liquefied petroleum gas to produce gasoline components are determined.

A study of the physicochemical properties of a 5% Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ HZSM catalyst promoted with 5% phosphoric acid was carried out. The structure of the catalyst was studied by electron microscopy in combination with microdiffraction. The reflections of HZSM and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were detected using the X-ray diffraction method. It was also shown by the EPR method that the PFK-9 catalyst is characterized by a narrow singlet symmetrical EPR signal with a g-factor of 1.96 and a width  $\Delta H=60$  Gauss against the background of a broad signal with  $\Delta H=1000$  Gauss. The narrow EPR signal is due to Cr<sup>5+</sup> ions in the matrix and HZSM zeolite. The intensity of the Cr<sup>5+</sup> signal in the PFK-9 catalyst is 205 conventional units. The specific surface area of the catalyst is 176,5 m<sup>2</sup>/g, the pore volume is 0,137 ml/g.

The catalyst at contact with C<sub>4</sub>-alkanes (400-600°C, P=0,1 MPa) makes dehydrogenation with reception olefins with the subsequent them oligomerisation. A study of the conversion of the C<sub>4</sub> fraction of LPG on the PFK-9 catalyst was also carried out in the presence of water vapor.

The yield of C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons depending on technological conditions fluctuates within 40-50%, at the degree of conversion raw material 80-90%.

**Key words:** dehydrogenation, alkanes, oligomerization, olefins, zeolite-containing catalyst, chromium, phosphorus.

**Introduction**

Despite the anticipated rapid growth of renewable energy, it is projected that fossil fuels will continue to dominate the energy landscape until at least 2050 [1]. This persistence is attributed to the increasing global demand for energy, the superior energy intensity and reliability of fossil fuels, and the formidable challenges associated with replacing them on a large scale. The Republic of Kazakhstan possesses substantial reserves of light hydrocarbons, including oil, gas condensate, and natural and associated petroleum gases. However, a challenge arises as total hydrocarbon reserves decrease, leading to an imbalance between oil production and the processing of associated petroleum gases. This imbalance results in an increased annual flaring of these associated gases. Additionally, a considerable portion of light gases is currently used inefficiently as technological and household fuel, causing significant environmental harm. Simultaneously, in the current stage of development, there is a consistent rise in the consumption of motor fuels, accompanied by stricter requirements for their operational and environmental characteristics.

Associated, waste and natural gases are more cheap energy resources compared to oil and coal. In the production of unleaded gasoline there is a constant tendency to increase octane numbers, which can be achieved by increasing the content of olefins (up to 15-18%), isoalkanes and aromatic compounds (up to 30%), including benzene (0,8-1,0%). One of the important directions of high-octane gasoline production is alkylates synthesis by isobutane alkylation with industrial butane-butylene fraction, which is a waste gas of oil cracking. However, the existing industrial alkylation technologies are based on the use of toxic liquid catalysts (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF, etc.). Given these circumstances, the rational utilization of natural and associated petroleum gas, along with waste gases from oil refining and petrochemical production, emerges as a paramount objective for the oil



and gas complex of the Republic of Kazakhstan [2]. This approach is essential to address environmental concerns, optimize resource usage, and meet the evolving demands for high-performance motor fuels. Therefore, development of solid acidic heterogeneous catalysts operating in stationary flow-through units is an important challenge.

In [3] the study of the effectiveness of the CaLaHPtX catalyst derived from molded NaX zeolite in alkylation of isobutane with butylenes was conducted. The catalyst showed stable performance for at least 24 hours, achieving impressive conversion of butylenes (97,1 wt.%) and alkylate yield of 94,1 wt.%, with high selectivity (76,4 wt.%) towards trimethylpentanes.

The hierarchically porous BEA zeolite, featuring trimodal micro-/meso-/macroporosity, synthesized in [4], demonstrated significantly enhanced alkylation selectivity towards trimethylpentanes and an extended lifetime. The authors explain such remarkable catalytic properties by highly interconnected secondary macro- and mesoporous structures, which promote movement of hydride donors and alkylation products to the micropores of zeolite or from them.

Bimolecular alkylation reactions in the presence of strong Brønsted acid centers (BACs) proceed according to the mechanism based on the carbocation theory by generation of primary active particles and development of initial C<sub>4</sub>-hydrocarbons transformation [5, 6].

Another way to produce motor fuel components from light hydrocarbons is the oligomerization process, which also makes it possible to simultaneously obtain olefins when processing natural gas. In industry, butene oligomerization is carried out on silicon-phosphate catalysts [7, 8].

Among the catalysts considered as promising systems are zeolites [9-11]. Catalysts prepared by base-acid treatment modification of commercially available ZSM-5 demonstrate improved performance characteristics: butenes conversion rate of up to 86%, space-time yield of 852 mg/g(cat)h, and a diesel to naphtha cuts mass ratio of 2,2 [11].

The impact of process conditions on H-ZSM-5 zeolite catalyst performance in 1-butene oligomerization reaction at ambient pressure was explored [12]. The study reveals that higher temperatures, partial pressures, and contact times enhance catalyst activity, with increased partial pressure improving selectivity to dimers (C<sub>8</sub>-hydrocarbons). The selectivity to C<sub>8</sub>-hydrocarbons is maximal at 200°C and 50 kPa partial pressure, with a decreased contact time. At higher temperatures, the decrease in selectivity is linked to the prevalence of cracking reactions, resulting in lighter olefins (C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub>). The major component is the dimer (42 wt.%) with approximately 40 wt.% of various side products. Catalyst deactivation due to coke formation is directly correlated with operating temperature.

High-silica zeolites modified with metals exhibit bifunctional properties, in which the metal or metal oxide has dehydrogenation activity [12-16]. The development and synthesis of a polyfunctional solid acid catalyst, that allows the dehydrogenation and isomerization reactions of alkanes with their subsequent oligomerization into higher molecular weight hydrocarbons in a single pass of feedstock, is of the greatest interest.

A series of hierarchical HZSM-5 zeolite catalysts, prepared by treating HZSM-5 with LiOH, NaOH, KOH, and CsOH aqueous solutions at the same concentration [17], were tested for butene oligomerization, demonstrating greater resistance to deactivation through pore blockage compared to commercial ZSM-5 catalyst. The CsOH-treated hierarchical HZSM-5 catalyst exhibited suitable acidity, higher molar ratio of Lewis to Brønsted acid sites, interconnected open-mesopores, and a smaller crystal size, resulting in enhanced catalytic activity and stability due to shorter diffusion paths. The HZSM-5 catalysts treated with CsOH aqueous solution, with optimal characteristics, prolonged the catalyst lifetime for butene oligomerization. It achieved approximately 92% butene conversion and 85% selectivity to C<sub>8</sub>-hydrocarbon within 12 hours.

Oligomerization of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> olefins into gasoline products using phosphorus-treated MTW zeolite-based catalysts was studied [18]. Modification of the binding matrix during phosphorus treatment resulted in a notable reduction in catalyst surface area and pore volume, although the crystallinity of MTW remained unaffected. The increase in phosphorus content substantially diminishes the Brønsted acidity of the catalyst. The augmentation of phosphorus content in MTW/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts lead to a decrease in the production of liquid products heavier than gasoline. The 10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> catalyst displayed selectivity for triisobutylenes of nearly 50%.

The purpose of the present work is development of solid acid catalysts for oligomerization of C<sub>4</sub>-alkenes into high molecular weight liquid hydrocarbons and motor fuel components.

## Methods

The catalyst 5% Cr/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 30% HZSM was prepared by impregnation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+HZSM mixture with aqueous solution of Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O salt while heating on a water bath with constant stirring to form a dough-like mass, which was then molded into granules (D=2.0-2.5 mm), dried and calcined at 200-400°C (1 h) and 500°C (5 h). To increase the acidic properties of the catalyst, the granules were impregnated with 5% aqueous solution of phosphoric acid under stirring, dried and treated with air at 500°C. Prior to the experiment, the PFC-9 catalyst was treated with air at 550°C (3 h) in a flow-through reactor.

Structure and composition of catalyst was studied by electron microscopy in combination with microdiffraction, extended X-ray absorption fine structure (EXAFS), electron paramagnetic resonance (EPR), and X-ray fluorescence analysis (XRF) methods.

The composition of feedstock and reaction products were analyzed by "Gas-Chromium 3101" chromatographs with molecular sieve CaX, LHM-8D, and γ-aluminum oxide (Supelco) columns. C<sub>4</sub>-fraction of liquefied petroleum gas (LPG) was used as feedstock. The composition of C<sub>4</sub>-fraction was the following: isobutane – 56,0%, butane – 39,6%, propane – 2,8%, isobutylene – 0,9%, butylene – 0,7%.

The conversion of C<sub>4</sub>-alkanes was studied varying the temperature in the range of 400-600°C (P=0.1 MPa). The volumetric feed rate (V) was varied from 70 to 200 h<sup>-1</sup>.

## Results and Discussion

The C<sub>4</sub>-fraction conversion rate over PFC-9 catalyst increases from 19,4 to 86,4% with temperature rise from 400 to 600°C (V=70 h<sup>-1</sup>). C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins (3,4-14,4%), H<sub>2</sub> (1,0-10,2%), methane and ethane (0,4-6,6%) are detected in the reaction products (Table 1).

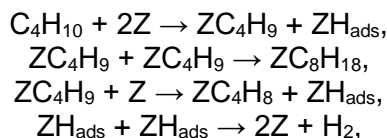
Table 1 – Effect of temperature on conversion of C<sub>4</sub>-fraction of LPG on PFC-9 catalyst (V=70 h<sup>-1</sup>)

Indicators	Temperature, °C				
	400	450	500	550	600
Conversion, % wt.	19,4	25,5	42,9	74,7	86,4
Product yield, % wt.:					
C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> - hydrocarbons	1,9	1,7	1,8	29,2	50,6
C <sub>2</sub> -C <sub>5</sub> - olefins	3,4	7,3	12,0	14,9	14,4
hydrogen	1,0	3,6	5,2	9,0	10,2
C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> - alkanes	0,4	1,7	3,2	5,9	6,6

The presence of C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons are determined in the liquid products mixture, content of C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons increases from 1.9 to 50,6% at the transition from 400 to 600°C. High-molecular-weight hydrocarbons consist of n-alkanes (pentane, nonane, decane), isoalkanes (C<sub>5</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>10</sub>), olefins (isobutene, butene, isopentene); their yields are 27,0, 23,2, and 5,0%, respectively.

The C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons, formed during oligomerization, are components of gasoline. The productivity of PFC-9 catalyst in terms of liquid phase yield at the maximum is 40 g/l cat.h (600°C, V=70 h<sup>-1</sup>).

Figure 1 shows the results obtained during the conversion of C<sub>4</sub>-fraction (V=100 h<sup>-1</sup>) on 5% Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+30% HZSM catalyst promoted with 5% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (PFC-9). As temperature rises (V=100 h<sup>-1</sup>) the feedstock conversion increases from 16,2 (400°C) to 80,1% (600°C), the yield of C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins and H<sub>2</sub> at 600°C is 14,1 and 14,5%, respectively. Maximum yield of C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> liquid hydrocarbons is observed at 600°C with prevalence of octane, isononane, isodecane, and decane. The productivity on C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons is 50 g/l cat.h. It is likely that oligomerization proceeds not only with the participation of olefins, but also their precursors - alkyl surface adsorbed structures, the formation of which follows the mechanism [9]:



where Z is the active center.

The mechanism of isobutane dehydrogenation was determined using deuterium [9]. The first stage is the detachment of the hydrogen atom from the adsorbed molecule. Formation of semi hydrogenated form is a slow process, while the detachment of the second hydrogen atom and desorption of isobutylene go faster. It was found by EXAFS method that metal particles localize on zeolite near Bronsted acid centers [10]. Alkyl structures, especially at high contact time, can migrate from  $\text{Cr}^{n+}$  centers to nearby acid centers and dimerize to form octane or isooctane, which is confirmed by the presence of 9.7% isooctane in the reaction products ( $V = 70 \text{ h}^{-1}$ ,  $600^\circ\text{C}$ ).

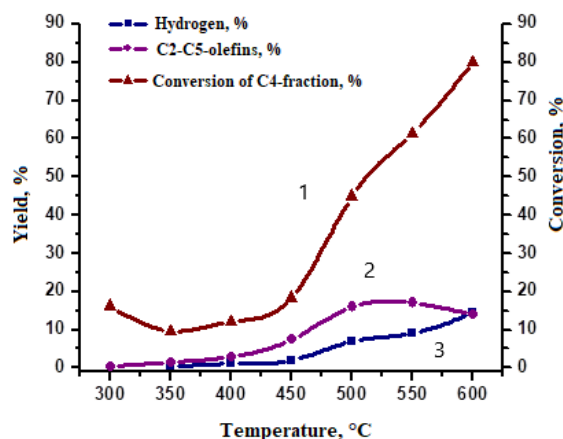


Fig. 1 – Effect of temperature on the degree of conversion of LPG C<sub>4</sub>-fraction (1), yield of C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins (2) and hydrogen (3) over PFC-9 catalyst in the absence of water vapor ( $V = 100 \text{ h}^{-1}$ ).

As the feedstock flow rate increases at  $t = 550^\circ\text{C}$ , the conversion rate of the C<sub>4</sub>-fraction varies in the range of 74.7-84.6% (Table 2). The yield of C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins varies extremely, the maximum yield of 17.0% is observed at  $V = 100 \text{ h}^{-1}$  which then declines to 12.5%. When the flow rate rises, the share of olefins in the oligomerization reaction increases, which leads to a decrease in their yield from 17.0 to 12.5% and an increase in the degree of C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons formation from 24.3 to 43.1-48.4% (see Table 2). Under these conditions, the migration of the half-hydrogenated form adsorbed on the  $\text{Cr}^{n+}$  centers to the acid centers is probably a slow stage, and the dehydrogenation process to form olefins predominates. The dimerization of pentene on the acid centers produces the decane, which is found in the product mixture, whereas nonane appears as a result of possible interaction between pentene and butene, although there are conditions for C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins participation in reaction. Narrow EPR signal characteristic to chromium (V) bound to the zeolite framework and aluminum oxide was detected by EPR method. The combination of metal and acidic centers facilitates sequential dehydrogenation to form olefins or precursors and their oligomerization [14].

Table 2 – Dependence of C<sub>4</sub>-fraction conversion degree over PFC-9 catalyst and yield of reaction products on feedstock flow rate at  $550^\circ\text{C}$

Indicators	Feed rate, h <sup>-1</sup>			
	70	100	150	200
C <sub>4</sub> conversion, % wt.	74,7	61,3	85,6	84,6
Product yield, % wt:				
C <sub>2</sub> -C <sub>5</sub> - olefins	14,9	17,0	12,2	12,5
C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> - hydrocarbons	29,2	24,3	48,4	43,1
hydrogen	9,0	9,1	8,2	9,1
C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> - alkanes	5,9	5,4	3,6	2,8

According to literature data [5,11,12], when the catalyst is promoted with phosphoric acid, P-OH centers are formed on the surface of the matrix ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) and zeolite HZSM, which are manifested by an absorption band at  $3670 \text{ cm}^{-1}$  in the IR spectrum. Phosphorus atoms with acidic oxygen atoms create a four-coordinated state, which underlies the strong Bronsted acid centers active in the reaction of olefins and their precursors oligomerization.

It should be noted that the formed liquid products mainly consist of high-molecular-weight C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>- hydrocarbons. The yields of hydrogen and C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-alkanes as a result of cracking by >C-H and >C-C< bonds, are ~9.0-9.1 and 5.9-2.8% respectively (V = 70-200 h<sup>-1</sup>). Evidence for the appearance of strong acid centers was obtained by studying the structure of PFC-9 catalyst. Two structures: AlPO<sub>4</sub> (JCPDS, 20-45) and AlPO<sub>4</sub> (JCPDS, 31-29) were detected by electron microscopy and microdiffraction methods, the presence of these structures indicates the interaction of H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and zeolite [14].

The study of C<sub>4</sub>-fraction of LPG conversion over PFC-9 catalyst was also carried out in the presence of water vapor. Fig. 2 shows that the degree of conversion of C<sub>4</sub>-alkanes varies within 75.8-88.5% when the feed rate increases from 70 to 200 h<sup>-1</sup>. Liquid and gaseous carbohydrates were found in the reaction products at 550°C, H<sub>2</sub> yield varies extremely from 9.1 to 4.6% with increasing feed rate, maximum of ~12.1% is observed at V=150 h<sup>-1</sup>. Olefins formation tends to increase with rising feed rate of C<sub>4</sub>-alkanes, and at V = 200 h<sup>-1</sup> their yield is 23.8%. Under these conditions (t = 550°C, P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 150 mm Hg), the yield of liquid C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons, the formation of which is limited by contact time of raw materials with the surface of catalyst, sharply decreases to 11.9%. The maximum oligomer yield is 41.5% at V = 100 h<sup>-1</sup>. Drop in the degree of olefins and their precursors oligomerization is explained by competitive adsorption of water molecules on acid centers and by migration rate of olefins from Cr<sup>n+</sup>-centers to Bronsted acid centers. This is confirmed by the increase in olefin yield up to 23.8% with increasing feed rate. The content of individual olefins at 600°C falls in the line: propene (10.3%) > ethylene (7.9%) > isobutene (5.0%) > butene (2.4%). Isopentene was found in the product mixture in temperature range 450-550°C (0.7-1.4%).

It is known [13] that in the presence of water vapor, which is heat carrier, adsorption of H<sub>2</sub>O molecules occurs mainly on the acid centers of the matrix and zeolite, formation of chromium oxide-H<sub>2</sub>O bond is not excluded. It follows from the results obtained during the C<sub>4</sub>-alkanes conversion at the feed rate of 200 h<sup>-1</sup>, that the reduction of the contact time between feed and catalyst surface and the presence of H<sub>2</sub>O<sub>ads</sub> inhibit alkyl intermediates and olefins dimerization and trimerization, the yield of liquid hydrocarbons decreases to 13.6% (see Fig. 2).

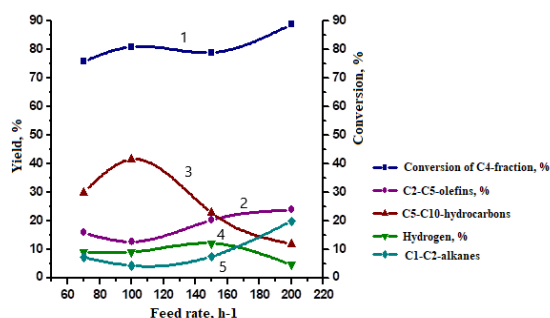


Fig. 2 – Effect of feed rate on the degree of C<sub>4</sub>-alkanes conversion (1) and yield of C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>-olefins (2), C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons (3), hydrogen (4) and C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-alkanes (5) over PFC-9 catalyst at 550°C in the presence of water vapor (P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 150 mm Hg).

Physical-chemical properties of 5% Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ HZSM catalyst promoted with 5% phosphoric acid (PFC-9) were investigated. The reflexes of HZSM and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were detected by XRF analysis method. The structure of HZSM is represented by reflexes: 11.0Å; 9.8Å; 3.83Å; 3.7Å; 3.6Å, and that of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by 1.98Å; 2.48Å; 1.40Å. The structural elements related to Cr and P are characterized by low intensity, which indicates their high dispersity.

It was shown by EPR method that the PFC-9 catalyst is characterized by a narrow singlet symmetric EPR signal with g-factor of 1.96 and width of ΔN=60 Gauss against the background of a broad signal with ΔN=1000 Gauss. The narrow EPR signal is due to Cr<sup>5+</sup> ions in the matrix and in HZSM zeolite. The intensity of the Cr<sup>5+</sup> signal in the PFC-9 catalyst is 205 units. Phosphoric acid modification reduces the intensity of the Cr<sup>5+</sup> signal.

The catalyst's specific surface area is 176.5 m<sup>2</sup>/g and the pore volume is 0.137 mL/g.

The presence of an extensive cluster of dense particles of  $\sim 80$  Å size on the zeolite surface is determined (Fig. 3 a). The microdiffraction pattern is represented by a large set of rings and reflections and can be assigned to the phases:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (JCPDS, 6-564);  $\text{SiP}_2\text{O}_7$  (JCPDS, 22-1274);  $\text{AlPO}_4$  (JCPDS, 20-45) and  $\text{CrO}(\text{OH})$  (JCPDS, 9-331).

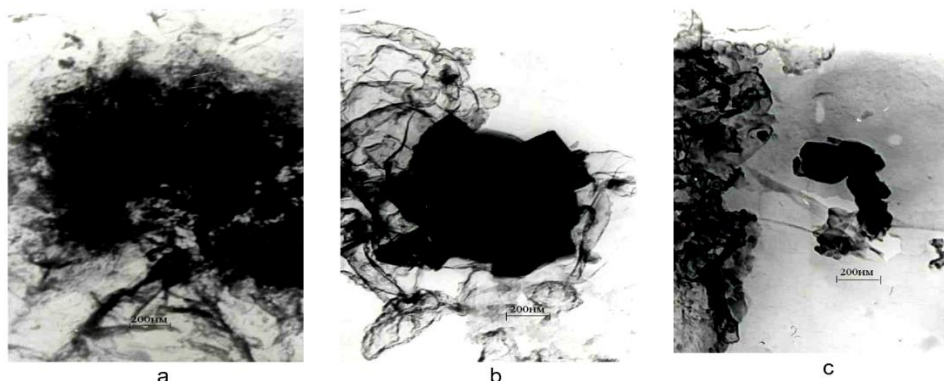


Fig. 3 – Electron microscopic images of PFC-9 catalyst: a – cluster of dense particles; b – aggregate of dense crystals with rectangular faceting motif; c – aggregate of dense crystals with hexagonal faceting motif

Fig. 3b presents a 1000-3500 Å aggregate of dense crystals with signs of a rectangular faceting motif. Its microdiffraction pattern is represented by rows of reflexes and can be attributed to a mixture of phases:  $\text{CrO}_2$  (JCPDS, 9-332);  $\text{CrP}$  (JCPDS, 29-456);  $\text{Cr}_3\text{Si}$  (JCPDS, 7-186) and  $\text{CrO}(\text{OH})$  (JCPDS, 9-331). Formation of  $\text{Cr}_3\text{Si}$  structure indicates the entry of chromium into the zeolite framework, where it stabilizes in the zeolite structure as ions and has off-lattice ligands [14]. The narrow EPR signal indicates the entry of  $\text{Cr}^{5+}$  ions into the HZSM zeolite structure, which agrees with the data of [15].

Fig. 3c shows a small 1000 Å aggregate of dense crystals with evidence of a hexagonal faceting motif. The microdiffraction pattern is represented by reflexes that can be attributed to  $\text{AlPO}_4$  (JCPDS, 31-29). The formation of two  $\text{AlPO}_4$  structures indicates the interaction of phosphoric acid with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (matrix) and aluminum included in the crystal structure of zeolite.

### Conclusion

The solid acid catalyst PFC-9 (5%  $\text{Cr}/\text{Al}_2\text{O}_3$ + HZSM catalyst promoted with 5%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) has been developed, its structure and physical-chemical properties were studied. The catalyst's specific surface area is  $176.5 \text{ m}^2/\text{g}$  and the pore volume is  $0.137 \text{ mL/g}$ . Evidence for the appearance of strong acid centers was obtained by studying the structure of PFC-9 catalyst. An extensive cluster of dense particles of  $\sim 80$  Å size, 1000-3500 Å aggregate of dense crystals with signs of a rectangular faceting motif and small 1000 Å aggregate of dense crystals with evidence of a hexagonal faceting motif are determined on the zeolite surface. It was established that  $\text{Cr}^{5+}$  ions entered into the HZSM zeolite structure, and that phosphoric acid interacted with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (matrix) and aluminum included in the crystal structure of zeolite.

Conditions of optimal activity of PFC-9 in dehydrogenation and oligomerization of  $\text{C}_4$ -fraction of liquefied petroleum gas to produce gasoline components have been determined. The  $\text{C}_4$ -fraction conversion rate over PFC-9 catalyst and the content of  $\text{C}_5$ - $\text{C}_{10}$ -hydrocarbons increase with temperature and are maximal at  $600^\circ\text{C}$ : 86.4% and 50.6% respectively. The productivity of PFC-9 catalyst in terms of liquid phase yield at the maximum is  $40 \text{ g/l cat}\cdot\text{h}$  ( $600^\circ\text{C}$ ,  $V=70 \text{ h}^{-1}$ ). The results obtained during the conversion of  $\text{C}_4$ -fraction ( $V=100 \text{ h}^{-1}$ ) on PFC-9 catalyst show that as temperature rises ( $V=100 \text{ h}^{-1}$ ) the feedstock conversion increases from 16.2 ( $400^\circ\text{C}$ ) to 80.1% ( $600^\circ\text{C}$ ), the yield of  $\text{C}_2$ - $\text{C}_5$ -olefins and  $\text{H}_2$  at  $600^\circ\text{C}$  is 14.1 and 14.5%, respectively. Maximum yield of  $\text{C}_5$ - $\text{C}_{10}$  liquid hydrocarbons is observed at  $600^\circ\text{C}$  with prevalence of octane, isononane, isodecane, and decane. The productivity on  $\text{C}_5$ - $\text{C}_{10}$ -hydrocarbons is  $50 \text{ g/l cat}\cdot\text{h}$ .

The effect of feedstock flow rate on reaction over catalyst was studied. The conversion rate of the  $\text{C}_4$ -fraction varies in the range of 74.7-84.6%. When the flow rate rises, the share of olefins in the oligomerization reaction increases, which leads to a decrease in their yield from 17.0 to 12.5% and an increase in the degree of  $\text{C}_5$ - $\text{C}_{10}$ -hydrocarbons formation from 24.3 to 43.1-48.4%. It was

determined that the formed liquid products mainly consist of high-molecular-weight C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>-hydrocarbons. The yields of hydrogen and C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>-alkanes as a result of cracking by >C-H and >C-C< bonds, are ~9.0-9.1 and 5.9-2.8% respectively (V = 70-200 h<sup>-1</sup>).

The degree of conversion of C<sub>4</sub>-alkanes in the presence of water vapor varies within 75.8-88.5% when the feed rate increases from 70 to 200 h<sup>-1</sup>. The reduction of the contact time between feed and catalyst surface at the feed rate of 200 h<sup>-1</sup> and the presence of H<sub>2</sub>O<sub>ads</sub> inhibit alkyl intermediates and olefins dimerization and trimerization, the yield of liquid hydrocarbons decreases to 13.6%.

### References

1. Marchionna M. Fossil energy: From conventional oil and gas to the shale revolution / M. Marchionna // EPJ Web of Conferences. – 2018. – № 189. – P. 00004. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/201818900004>.
2. Kazakhstan's oil and gas sector. Energy Future of Kazakhstan // Oil and Gas. – 2018. – № 4. – P.142-145.
3. Features of the Isobutane Alkylation with Butylenes on Zeolite Catalysts / I.M. Gerzeliev et al // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2020. – № 93(10). – P. 1586-1595.
4. Jin M. Hierarchical BEA Zeolite with Trimodal Micro-/Meso-/Macroporosity as a Selective and Long-Lived Catalyst for Isobutane/2-Butene Alkylation / M. Jin, M. Oh, M. Choi // ACS Catal. – 2022. – 12. – P.4067–4077. DOI: <https://doi.org/10.1021/acscatal.1c05786>.
5. Lavrenev A.V., Bogdanets E.N., Dupliakin V.K. // Catalysis in pro-industry. – 2009. – № 1. – P. 28.
6. Enhancement of Dehydrogenation and Hydride Transfer by La<sup>3+</sup> Cations in Zeolites during Acid Catalyzed Alkane Reactions / F. Schubler et al // ACS Catal. – 2014. – 4. – P.1743-1752.
7. De Klerk A. Commercial Products from Fischer-Tropsch Syncrude / A. De Klerk, E. Furimsky // Catalysis in the Refining of Fischer-Tropsch Syncrude. – London: The Royal Society of Chemistry. – 2010. – P. 210-235.
8. Nicholas C.P. Applications of Light Olefin Oligomerization to the Production of Fuels and Chemicals / C.P. Nicholas // Applied Catalysis A: General. – 2017. – V. 543 – P. 82-97.
9. Patel N. Recent developments in catalyst systems for selective oligomerization and polymerization of higher  $\alpha$ -olefins / N. Patel, V. Valodkar, G. Tembe // Polymer Chemistry. – 2023. – 14. – P.2542-2571. DOI: <https://doi.org/10.1039/d3py00028a>.
10. Synthesis of jet fuel through the oligomerization of butenes on zeolite catalysts / H. Kim et al // Research on Chemical Intermediates. – 2018. – 44(6). – P. 3823-3833. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11164-018-3385-1/>
11. Catalytic Conversion of 1-butene over Modified Versions of Commercial ZSM-5 to Produce Clean Fuels and Chemicals / A.F. Silva et al // ChemCatChem. – 2019. – 11(16). – P. 4196-4209. DOI: <https://doi.org/10.1002/cctc.201801975>
12. 1-Butene Oligomerization over ZSM-5 Zeolite: Part 1 – Effect of Reaction Conditions / A. Coelho et al // Fuel. – 2013. – 111. – P. 449-460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.03.066>.
13. Conversion of Industrial Feedstock mainly with Butanes and Butenes over HZSM-5 and Zn/HZSM-5 (nitrate) Catalysts / D. Maftei et al // Revista de Chimie. – 2015. – 66(5). – P. 673-680.
14. Processing of liquefied petroleum gases over mono- and bimetallic catalysts / R.O. Orynbassar et al // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series chemistry and technology. – 2021. – 1(445) – P. 55-66.
15. Asaftei I. Conversion of Butanes and Butenes from Industrial Feedstock over Zn-HZSM-5(acetate) Catalyst / I. Asaftei, N. Bilba, I. Sandu // Revista de Chimie. – 2014. – 65(4). – P. 431-436.
16. Transformation of Gaseous Technical Mixture of the Alkanes and Alkenes Into Liquid Fraction Over Ni-HZSM-5 Obtained by Ionic Exchange / I.V. Asaftei et al // Revista de Chimie. – 2018. – 69(4). – P. 938-943.
17. Improvement of the Catalytic Efficiency of Butene Oligomerization Using Alkali Metal Hydroxide-Modified Hierarchical ZSM-5 Catalysts / L. Zhang et al // Catalysts. – 2018. – 8. – P. 298-312. DOI: <https://doi.org/10.3390/catal8080298>.

18. Elucidation of phosphorus interaction in dual component zeolite/matrix catalysts: Selectivity control in olefin oligomerization with MTW/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / C.P. Nicholas et al // Applied Catalysis A: General. – 2017. – 536. – P. 75-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcata.2017.02.008/>

**Р.О. Орынбасар<sup>1\*</sup>, Л.К. Тастанова<sup>1</sup>, Ф.М. Канапиева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, 030000, Республика Казахстан, г.Актобе, пр.Молдагулова, 34

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru

### **ПРЕВРАЩЕНИЕ С<sub>4</sub>-ФРАКЦИИ СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЮЩЕМ КАТАЛИЗАТОРЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ХРОМОМ И ФОСФОРОМ**

*Разработан цеолитсодержащий катализатор, модифицированный добавками хрома и фосфора. Определены технологические условия его оптимальной активности в реакции дегидрирования и олигомеризации С<sub>4</sub>-фракции сжиженного нефтяного газа с получением компонентов бензина.*

*Проведено исследование физико-химических свойств 5% Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ HZSM катализатора, промотированного 5%-й фосфорной кислотой. Электронно-микроскопически в сочетании с микрофракцией исследована структура катализатора. Методом РФА были обнаружены рефлексы HZSM и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Также методом ЭПР было показано, что катализатор ПФК-9 характеризуется узким синглетным симметричным ЭПР-сигналом с g-фактором 1,96 и шириной ΔH=60 Гаусс на фоне широкого сигнала с ΔH=1000 Гаусс. Узкий ЭПР-сигнал обусловлен ионами Cr<sup>5+</sup> в матрице и цеолите HZSM. Интенсивность сигнала Cr<sup>5+</sup> в катализаторе ПФК-9 составляет 205 усл.ед. Удельная поверхность катализатора равна 176,5 м<sup>2</sup>/г, объем пор – 0,137 мл/г.*

*Катализатор при контакте с С<sub>4</sub>-алканами (400-600°C, P=0,1 МПа) проводит дегидрирование с получением олефинов с последующей их олигомеризацией. Исследование превращения С<sub>4</sub>-фракции СНГ на катализаторе ПФК-9 было также проведено в присутствии паров воды. Выход С<sub>5</sub>-С<sub>10</sub>-углеводородов в зависимости от технологических условий колеблется в пределах 40-50% при степени превращения сырья 80-90%.*

**Ключевые слова:** дегидрирование, алканы, олигомеризация, олефины, цеолитсодержащий катализатор, хром, фосфор.

**Р.О. Орынбасар<sup>1\*</sup>, Л.К. Тастанова<sup>1</sup>, Ф.М. Канапиева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, 030000, Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ., Молдагулова даңғылы, 34

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru

### **ХРОМ ЖӘНЕ ФОСФОРМЕН МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ЦЕОЛИТҚҰРАМДЫ КАТАЛИЗАТОРДА СҰЙЫТЫЛҒАН МҰНАЙ ГАЗЫНЫҢ С<sub>4</sub>-ФРАКЦИЯСЫНЫҢ ӨЗГЕРІСКЕ ҰШЫРАУЫ**

*Хром және фосформен модифицирленген, цеолит құрамды катализатор дайындалды. Бензин компоненттерін алумен бірге сұйылтылған мұнай газы С<sub>4</sub>-фракциясының сутексіздену және олигомерлену реакцияларында катализатордың тиімді белсенділігінің технологиялық шарттары анықталды.*

*5% Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+HZSM және 5%-ті фосфор қышқылымен промоторланған катализаторлардың физикалық-химиялық қасиеттеріне зерттеулер жүргізілді. Микрофракцияға сәйкес электронды-микроскопиялық әдіспен катализатордың құрылымы зерттелді. РФТ әдісімен HZSM және Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> рефлекстерінің бар екендігі анықталды. Сонымен қатар ПФК-9 катализаторы ΔH=1000 кең сигнал аймағында g-факторы 1,96 және ені ΔH=60 Гаусс тар синглет симметриялы ЭПР сигналымен сипатталатыны ЭПР әдісімен көрсетілді. Тар ЭПР сигналы матрицадағы Cr<sup>5+</sup> иондарына және HZSM цеолитіне байланысты болады. ПФК – 9 катализаторындағы Cr<sup>5+</sup> қарқындатылу сигналы 205 ш.б. тең болды. Катализатордың меншікті беті – 176,5 м<sup>2</sup>/г, саңылау көлемі – 0,137 мл/г тең.*

*Катализатор С<sub>4</sub>-алкандармен әрекеттесу кезінде (400-600°C, P=0,1 МПа) олефиндер түзілетін сутексіздену реакциясы жүріп, ол әрі қарай олигомерлену реакциясына өтеді. ПФК-9 катализаторында СМГ-ның С<sub>4</sub>- фракциясының өзгеріске ұшырауы су буының қатысында жүргізілді. Технологиялық шарттарға байланысты С<sub>5</sub>-С<sub>10</sub>-көмірсутектерінің шығымы шикізаттың 80-90% өзгеріске ұшырау дәрежесінде шамамен 40-50% аралығында болады.*

**Түйін сөздер:** сутексіздену, алкандар, олигомеризация, олефиндер, цеолитқұрамды катализатор, хром, фосфор.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Райгүл Орынбасарқызы Орынбасар\*** – химия ғылымдарының кандидаты, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының доценті; e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

**Лаззат Кнашқызы Тастанова** – химия ғылымдарының кандидаты, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының доценті; e-mail: Lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Фатима Мухидинқызы Канапиева** – химия ғылымдарының кандидаты, физикалық химия, катализ және мұнай химиясы кафедрасының доценті, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ; e-mail: fatima31@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-3117>.

#### Сведения об авторах

**Райгуль Орынбасаровна Орынбасар\*** – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова; e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

**Лаззат Кнашевна Тастанова** – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова; e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru, Lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Фатима Мухидиновна Канапиева** – кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии, катализа и нефтехимии, КазНУ имени Аль-Фараби; e-mail: fatima31@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-3117>.

#### Information about the authors

**Raigul Orynassarovna Orynassar\*** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K. Zhubanov Aktobe Regional University; e-mail: raihan\_06\_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

**Lyazzat Knashevna Tastanova** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department Chemistry and Chemical Technology, K. Zhubanov Aktobe Regional University; e-mail: Lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Fatima Mukhidinovna Kanapieva** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Chemistry, Catalysis and Petrochemistry, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: fatima31@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-3117>.

Received 19.02.2024

Revised 15.05.2024

Accepted 16.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-62

МРНТИ 52.35.33



**П.С. Дмитриев, К.А. Островной\*, И.А. Фомин, И.А. Зубань**  
Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,  
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86  
\*e-mail: kostrovnoy@mail.ru

### ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПОЛУЧЕНИЯ САПРОПЕЛЯ ЭВТРОФНЫХ ОЗЕР СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация:** Донные отложения эвтрофных озер Северо-Казахстанской области отличаются наличием сапропеля, который может найти применение в сельском хозяйстве. Для создания эффективной технологии переработки сапропелей необходимо знать особенности их химического состава, который в конечном итоге влияет на показатели посевных качеств семян культур. В статье на основе изучения химического состава донных отложений трех эвтрофных озер выделен сырьевой источник получения сапропеля с оптимальным органическим и минеральным составом. Предложен способ переработки донных отложений. Полученный сапропелевый продукт



использован для предпосевной обработки семян овощных культур. Результаты химического анализа органоминеральных донных отложений трех эвтрофных озер Кызылжарского района Северо-Казахстанской области показали, что донные отложения озера Пеньковское отличаются повышенным содержанием органического вещества, гумуса и необходимым для роста и развития растений минеральным составом. Показана возможность выделения сапропелевого продукта из донных отложений эвтрофных озер. Проведенные лабораторные испытания, по вариативному применению сапропелевого продукта, семян свеклы сорта «Бордо 237» на всхожесть и энергию прорастания показали, что содержание  $1.6 \text{ г/дм}^3$  в растворе сапропеля, достаточно для увеличения энергии прорастания семян овощных культур в 2 раза, и всхожести более чем на 50%.

**Ключевые слова:** технология получения сапропеля, химический состав донных отложений, органическое удобрения, сапропель, повышение урожайности, органическое земледелие, органоминеральные накопления озер.

## **Введение**

Обширная территория Северо-Казахстанской области включает большое количество озер, среди которых особое место занимают эвтрофные [1, 2]. Наличие уникальных микробиологических, ферментативных процессов переработки водной биоты этих озер приводит к образованию больших запасов органоминеральных осадочных накоплений, многие из которых характеризуются наличием сапропелей. Качественно-количественный химический состав сапропелей, определяет возможность широкого применения их в различных отраслях народного хозяйства [3-5]. Наиболее апробировано использование сапропелей в качестве органоминерального удобрения в сельском хозяйстве. Использование сырьевого органоминерального потенциала Северо-Казахстанского региона в агропромышленном комплексе становится все более актуальным и необходимым [6]. При этом, условием для применения сапропеля в сельском хозяйстве является наличие оптимального органического и минерального составов, которые во многом определяются химическим и биологическим составом озера, рельефом местности, окружающим биогеоценозом.

Цель настоящей работы: на основе изучения химического состава донных отложений эвтрофных озер Северо-Казахстанской области установить потенциальные сырьевые источники получения сапропеля.

## **Методы исследования**

При выполнении исследований использовали донные отложения трех озер Северо-Казахстанской области: оз. Пеньковское ( $54^{\circ}58'2.26''$  с.ш.,  $69^{\circ}15'35.20''$  в.д.), оз. Голозубка ( $55^{\circ}15'32.23''$  с.ш.,  $69^{\circ}4'39.53''$  в.д.), оз. М.Гусиное ( $55^{\circ}10'31.43''$  с.ш.,  $68^{\circ}59'14.89''$  в.д.).

Получение сапропелевого продукта осуществляли путем последовательной экстракции донных отложений водой и водно-спиртовым раствором. В суспензии при массовом соотношении донных отложений и воды 1:1 (влажность 30-35%) и, перемешивали импеллерной мешалкой при 300 оборотах в течение 15 мин в термостатированном режиме ( $20^{\circ}\text{C}$ ), тем самым добиваясь разрушения крупных агломератов, равномерного распределения твердых частиц по объему системы и экстрагирование минеральной и органической части в раствор. Для отделения экстракта от твердой фазы суспензию переносили на комплект сит с диаметром сетки  $1,5 \times 20$  мм,  $0,14$  мм и дополнительно промывали дистиллированной водой. Заситовую фракцию, содержащуюся в фильтрате, отделяли центрифугированием (Центрифуга ОПН-8 РУ8Х10) при 2000 оборотах в течении 5 мин. Для концентрирования фильтрата проводили упаривание на ротационном испарителе DLABRE100-Pro при  $t=40^{\circ}\text{C}$ . Надситовый осадок и твердую фазу полученную после центрифугирования количественно объединяли в одну пробу и дополнительно обрабатывали раствором 92% этилового спирта при массовом соотношении твердое и растворитель 1:1. Получение водно-спиртового экстракта осуществляли также как и водного. Упаривание на ротационном испарителе проводили досуха до полного удаления этилового спирта. Контроль за процессом удаления спирта осуществлялся по йодоформной пробе. После этого, водную и водно-спиртовую вытяжки объединяли. Полученный сапропелевый продукт представляет собой опалесцирующую дисперсию, цвет которой соответствует коду Патон 133 #775F1F и с концентрацией сухого остатка  $2,98 \text{ г/дм}^3$ .

Микроэлементный состав – Mg, Ca, S, Al, Se, B, Na, Cd, Mo, Ni, Zn, Pb, Cr, Cu, Co, Hg, Mn, Fe в экстрактах донных отложений определяли с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС) по стандартной методике [7]. Определение рН водной вытяжки и рН солевой осуществляли на приборе ИПЛ-101-1 Мультитест рН-метр. Удельную электропроводность определяли на Кондуктометре МУЛЬТИТЕСТ КСЛ-101.

Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества по методике [8]. Содержание калия устанавливали пламенно-фотометрическим методом на ПАЖ-1 (пламенном анализаторе жидкости) в пламени пропана, определения фосфора – по методу молибденофосфорной сини [9]

В опытах использовали ИК-Фурье спектрометр фирмы Thermo Fisher. ИК-спектральный анализ проводили в диапазоне волновых чисел 400-4000 см<sup>-1</sup>; спектральное разрешение 0,6 см<sup>-1</sup>). Образцы для ИК-Фурье спектроскопии готовили методом таблетирования. Получение спектров осуществляли в программе OMNIC.

### Результаты исследований

Показатели качества донных отложений трех озер Северо-Казахстанской области оз. Пеньковское, оз. Голозубка, оз. М. Гусиное представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица проб донных отложений трех озер

Наименование показателей	Ед. изм.	Фактическая концентрация			НД на метод определения
		оз. Пеньковское	оз. Голозубка	оз. М. Гусиное	
рН водной вытяжки	ед. рН	6,52±0,01	7.66±0,01	7.61±0,01	СТ РК ISO 11265-2012
рН солевой	ед. рН	5,87±0,01	6,75±0,01	7,16±0,01	ГОСТ 26583-85
Электропроводность	сСМ/см	1,70	2,10	1,90	ГОСТ 26423-85
Азот аммиачный	мг/кг	1,80	2,70	2,63	ISO 14255:1998
Нитраты	мг/кг	12,0	23,0	28,0	ISO 14255:1998
Нитриты	мг/кг	0,17	1,10	1,12	ISO 14255:1998
Подвижный фосфор	мг/кг	4,23	2,11	17,55	ISO 14255:1998
Фосфор валовый	мг/кг	15,48	13,56	29,32	ГОСТ 26261-84
Обменный калий	мг/кг	532,80	67,68	105,20	ГОСТ 26210-9
Калий валовый	мг/кг	928,34	179,36	215,50	ISO 4255:1998,
Кальций	мг/кг	146,0	29,47	42,08	ГОСТ ISO 22036
Магний	мг/кг	210,40	21,59	44,52	ГОСТ ISO 22036
Сера	мг/кг	519,90	29,71	161,50	
Алюминий	мг/кг	1,852	12,280	13,100	
Селен	мг/кг	Не обнаружено	Не обнаружено	0,0112	
Бор	мг/кг	3,139	0,441	0,926	
Натрий	мг/кг	781,50	91,84	306,60	
Гумус	мг/кг	36,94	30,50	8,30	
Орг. вещество	мг/кг	38,1	33,6	12,1	ГОСТ 26213-91
Кадмий	мг/кг	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	ГОСТ ISO 22036
Молибден	мг/кг	0,1538	0,1910	0,2392	
Никель	мг/кг	0,0519	0,0782	0,0935	
Цинк	мг/кг	0,3614	0,3513	0,3402	
Свинец	мг/кг	0,1352	0,2303	0,0916	ГОСТ ISO 22036
Хром	мг/кг	Не обнаружено	0,0283	0,0215	
Медь	мг/кг	Не обнаружено	0,0980	0,0625	
Кобальт	мг/кг	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	
Ртуть	мг/кг	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	
Марганец	мг/кг	4,388	0,3043	0,2021	
Железо	мг/кг	1,034	5,849	5,891	

Одним из ключевых показателей качества сапропеля для применения сельском хозяйстве – это количество органического вещества [10, 11]. Гуминовые вещества сапропеля улучшают почвенную структуру, усвоение молекулярного азота и развитие корневой системы растений, а также обладают антимикробным действием, активизируют обмен веществ [12]. Наиболее высокий показатель по содержанию гумуса (36,94 %) органического вещества (38.1 %) наблюдается в образце озера Пеньковское.

Действие микроэлементов проявляется главным образом в их влиянии на обмен веществ. Некоторые микроэлементы влияют на рост (Mn, B, Zn, Cu), размножение (Mo, Cu), а также внутриклеточный обмен у растений [13]. Богат микроэлементами сапропель оз. Пеньковское (кроме Cu и Mo). Самое высокое содержание Cu (0,098 мг/кг) и Mo (0,2392 мг/кг) отмечено в донных отложениях соответственно оз. Голозубка и оз. М.Гусиное. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур повышает урожайность, но только при низком содержании подвижного молибдена в почве (ниже 0,2 мг/кг, табл. 1). При обеспеченности молибденом 0,2 мг/кг и выше его внесение в почву малоэффективно.

Оптимальная концентрация минеральных соединений отмечается в сапропеле оз. Пеньковское (табл. 1) [14]. Наличие достаточного количества подвижного фосфора (4,23-17,55 мг/кг, табл. 1) благоприятно скажется на растворимости его в почвенном растворе и усвоение растениями. Наличие в составе сапропеля алюминия нежелательно [15]. Наименьшее количество Al (1,852 мг/кг) в составе образца оз. Пеньковское.

Содержание нитратов в продукте переработки донных отложений, может ухудшить качество сельскохозяйственной культур, снизить содержание витамина С и незаменимых аминокислот, изменить макро и микроэлементный состав и в конечном итоге отрицательно сказаться на здоровье человека. Однако одновременное наличие молибдена, железа, меди, марганца может нивелировать пагубное действие нитратов и усиливать утилизацию нитратного азота растениями [16].

Согласно данным о ПДК химических веществ в почве, превышений по опасным веществам (Co, Cr, Pb, Hg, As) не обнаружено. Показатели проб донных отложений (табл. 1) соответствуют гигиеническим нормативам к безопасности окружающей среды (почве). Таким образом, при внесении продуктов переработки донных отложений в почву суммарные концентрации микроэлементов в поверхностном слое почвы не превысят предельные в отношении фитотоксичности. Это позволяет использовать данные продукты при выращивании сельскохозяйственных культур.

На основании вышеперечисленного сравнения сапропелевых образцов трех озер, наиболее подходящим озером для добычи сапропеля в сельскохозяйственных целях является озеро Пеньковское.

Для подтверждения наличия сапропеля в продукте, получаемому по предлагаемому способу, были проведены спектроскопические исследования. ИК-спектр сапропелевого продукта, полученного из донных отложений эвтрофного озера Пеньковское, представлен на рисунке 1

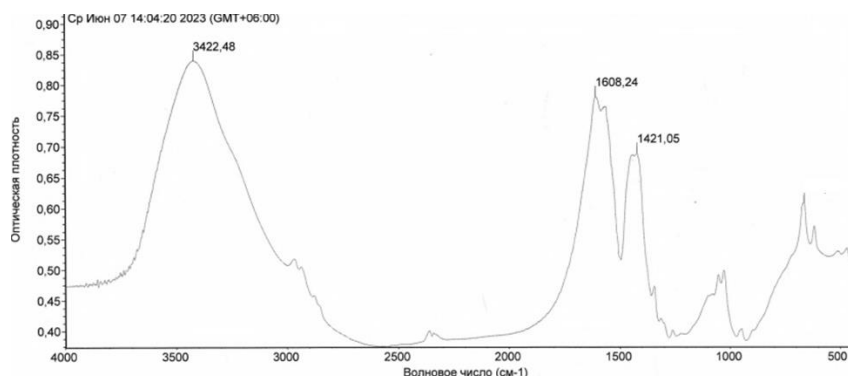


Рисунок 1 – ИК-спектр образца сапропелевого продукта оз. Пеньковское

Расшифровку полученного спектра осуществляли согласно таблиц характеристических частот.

Широкая полоса поглощения при 3450 см<sup>-1</sup> характеризует наличие гидроксо-групп, связанных межмолекулярными водородными связями. Слабо выраженная полоса поглощения в области 3000-2900 см<sup>-1</sup> возможно обусловлена наличием валентных колебаний –CH<sub>2</sub> и –CH<sub>3</sub> групп в алифатическом кольце. Наличие полосы при 1608 см<sup>-1</sup> соответствует связи –C=C– в ароматическом кольце, образующую центральную (каркасную) часть гуминовых соединений, а также возможно с колебаниями (R)NH<sub>2</sub> группы. Деформационные

колебания С–Н ( $1070\text{--}960\text{ см}^{-1}$ ) указывают на различные типы замещения бензольного кольца. Поглощение в области  $1421\text{ см}^{-1}$  указывает на наличие карбоксилат-иона.

Полученный сапропелевый продукт использовали для предпосевной обработки семян овощных культур. Проведены лабораторные испытания, по вариативному применению сапропелевого продукта, семян свеклы сорта «Бордо 237» на всхожесть и энергию прорастания. Для лабораторных испытаний использовали 6 концентраций сапропелевого продукта ( $C_{\text{сп}}$ , г/дм<sup>3</sup>: 0, 0,4, 0,8, 1,2, 1,6, 2,0). Энергия прорастания – процент нормально проросших семян, определялась на 4-е сутки. Всхожесть семян определялась путем подсчета числа нормально проросших семян на 10-е сутки. За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов прорастивания четырех проб семян допускаемое расхождение отдельных проб составляло  $\pm 5$ .

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний на всхожесть и энергию прорастания семян свеклы сорта «Бордо 237»

$C_{\text{сп}}$ , г/дм <sup>3</sup>	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Энергия прорастания, %	21	26	22	29	40	33
Всхожесть, %	33	40	38	37	50	46

Из анализа таблицы следует, что относительно базового варианта не содержащего сапропелевый продукт, всхожесть и энергия прорастания увеличились. Максимальные значения энергии прорастания (40%) и всхожести (50%) наблюдали при концентрации сапропелевого продукта 1,6 г/дм<sup>3</sup>. Применение сапропелевого продукта, полученного по указанному способу, при предпосевной обработке семян позволяет повысить энергию прорастания семян свеклы почти в 2 раза, и всхожесть более чем 50%.

### Заключение

В результате проведенных исследований химического состава органоминеральных донных отложения трех эвтрофных озер Кызылжарского района Северо-Казахстанской области выявлено, что донные отложения озера Пеньковское отличаются повышенным содержанием органического вещества, гумуса и необходимым для роста и развития растений минеральным составом. Сапропелевый продукт получен путем выдержки донных отложений в дистиллированной воде и водно-спиртовом растворе, фильтрования суспензии и концентрирования фильтрата на ротационном испарителе. Установлена оптимальная концентрация сапропелевого продукта ( $C_{\text{сп}}=1.6\text{ г/дм}^3$ ) для использования при предпосевной обработке семян овощных культур, обеспечивающая увеличение энергии прорастания и всхожести семян.

### Список литературы

1. Study of the possibility of using the bottom organomineral accumulations of the lakes of the north Kazakhstan region to obtain innovative fertilizers for the development of organic farming and agrotourism / P.S. Dmitriyev et al // Sustainability. – 2023. – 15. – P. 8999.
2. Assessment of the resource potential of the bitter-salty sulfide lakes of the North Kazakhstan region for the development of ecological and balneological tourism / P.S. Dmitriyev et al // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2023. – № 49(3). – P. 866-874.
3. Морозов В.В. Сапропель – природный ресурс органического сырья для производства сапропеле-минеральных удобрений / В.В. Морозов, Л.Н. Савельева // Известия ВГСА. – 2015. – № 1. – С.41-45.
4. Бочарников В.С. К вопросу о сапропелях и их влиянии на водно-физические свойства в смесях с песком при строительстве и эксплуатации инженерно-мелиоративных систем / В.С. Бочарников, А.А. Боровников // Известия НВАУК. – 2021. – № 4(64). – С. 324-334.
5. Дудин В.М. Применение сапропеля оз. Неро Ярославской области для производства асфальтобетонных смесей / В.М. Дудин, Н.С. Смекалов, А.Э. Окутин // Умные композиты в строительстве. – 2021. – Т. 2. – Выпуск 3. – С. 57-67.
6. Nazarova T.V. Using the extract of «Saprolin» for enhancing grain crops / T.V. Nazarova, P.S. Dmitriyev, G. Ya. Baryshnikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 670. – P. 012002.

7. ГОСТ ISO 22036-2014. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС). – М.: Стандартинформ, 2015. – 31 с.
8. ГОСТ Р 53219-2008 ISO 14255:1998. Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
9. ГОСТ 26261-84. Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия. – М.: Гос.комитет СССР по стандартам, 1984. – 13 с.
10. Семенова З.В. Потенциальные возможности сапропелей в решении продовольственных проблем / З.В. Семенова // Вестник ИГТУ. – 2011. – № 8(55). – С. 154-161.
11. Макаров С.В. Сапропели как источник гуминовых кислот для изготовления биогенных стимуляторов / С.В. Макаров, И.А. Николаев, Н.Н. Максимюк // Молодой ученый. – 2017. – № 20(154). – С.170-172.
12. Шмаков П.Ф. Состав и некоторые свойства сапропелей озер омской области / П.Ф. Шмаков, Г.В. Плаксин, В.А. Левицкий // Материалы МНПК «Сапропель и продукты его переработки». – 2008. – С. 69-75.
13. Геохимические особенности голоценового разреза сапропеля озера Минзелинское (Западная Сибирь) / А.Е. Мальцев, Г.А. Леонова, В.А. Бобров, С.К. Кривоногов // Известия ТПУ. – 2014. – Т. 325. – № 1. – С. 83-93.
14. Дмитриев П.С. К вопросу об использовании сапропеля для повышения урожайности с/х культур / П.С. Дмитриев, А.В. Нестеренко // VI МНПК Урбозкосистемы: проблемы и перспективы развития. – Ишим, 2018. – С. 84-85.
15. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 21 апреля 2021 года № ҚР ДСМ -32. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 22 апреля 2021 года № 22595 «Об утверждении Гигиенических нормативов к безопасности среды обитания».
16. Койка С.В. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства / С.В. Койка, В.Т. Скориков // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2008. – № 3. – С. 58-63.

#### References

1. Study of the possibility of using the bottom organomineral accumulations of the lakes of the north Kazakhstan region to obtain innovative fertilizers for the development of organic farming and agrotourism / P.S. Dmitriyev et al // Sustainability. – 2023. – 15. – R. 8999. (In English).
2. Assessment of the resource potential of the bitter-salty sulfide lakes of the North Kazakhstan region for the development of ecological and balneological tourism / P.S. Dmitriyev et al // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2023. – № 49(3). – P. 866-874. (In English).
3. Morozov V.V. Sapropel' – prirodnyi resurs organicheskogo syr'ya dlya proizvodstva sapropelemineral'nykh udobrenii / V.V. Morozov, L.N. Savel'eva // Izvestiya VGSKHA. – 2015. – № 1. – С.41-45. (In Russian).
4. Bocharnikov V.S. K voprosu o sapropelyakh i ikh vliyaniy na vodno-fizicheskie svoystva v smesyakh s peskom pri stroitel'stve i ehkspluatatsii inzhenerno-meliorativnykh sistem / V.S. Bocharnikov, A.A. Borovnikov // Izvestiya NVAUK. – 2021. – № 4(64). – S. 324-334. (In Russian).
5. Dudin V.M. Primenenie sapropelya oz. Nero Yaroslavskoi oblasti dlya proizvodstva asfal'tobetonykh smesei / V.M. Dudin, N.S. Smekalov, A.EH. Okutin // Umnye kompozity v stroitel'stve. – 2021. – Т. 2. – Vypusk 3. – S. 57-67. (In Russian).
6. Nazarova T.V. Using the extract of «Saprolin» for enhancing grain crops / T.V. Nazarova, P.S. Dmitriyev, G.Ya. Baryshnikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 670. – R. 012002. (In English).
7. GOST ISO 22036-2014. Opredelenie mikroelementov v ehkstraktakh pochvy s ispol'zovaniem atomno-ehmissionnoi spektrometrii induktivno svyazannoi plazmy (ISP-AEHS). – М.: Standartinform, 2015. – 31 s. (In Russian).
8. GOST R 53219-2008 ISO 14255:1998. Kachestvo pochvy. Opredelenie sodержaniya nitratnogo azota, ammoniinogo azota i obshchego azota v vozduшно-sukhikh pochvakh s pomoshch'yu khlorida kal'tsiya v kachestve ehkstragiryuyushchego veshchestva. – М.: Standartinform, 2009. – 15 s. (In Russian).

9. GOST 26261-84. Pochvy. Metody opredeleniya valovogo fosfora i valovogo kaliya. – M.: Gos.komitet SSSR po standartam, 1984. – 13 s. (In Russian).
10. Semenova Z.V. Potentsial'nye vozmozhnosti sapropelei v reshenii prodovol'stvennykh problem / Z.V. Semenova // Vestnik IGTU. – 2011. – № 8(55). – S. 154-161. (In Russian).
11. Makarov S.V. Sapropeli kak istochnik guminovykh kislot dlya izgotovleniya biogennykh stimulyatorov / S.V. Makarov, I.A. Nikolaev, N.N. Maksimiyuk // Molodoi uchenyi. – 2017. – № 20(154). – S.170-172. (In Russian).
12. Shmakov P.F. Sostav i nekotorye svoystva sapropelei ozer omskoi oblasti / P.F. Shmakov, G.V. Plaksin, V.A. Levitskii // Materialy MNPК «Sapropel' i produkty ego pererabotki». – 2008. – S. 69-75. (In Russian).
13. Geokhimicheskie osobennosti goltsenovogo razreza sapropelya ozera Minzelinskoe (Zapadnaya Sibir') / A.E. Mal'tsev, G.A. Leonova, V.A. Bobrov, S.K. Krivonogov // Izvestiya TPU. – 2014. – T. 325. – № 1. – S. 83-93. (In Russian).
14. Dmitriev P.S. K voprosu ob ispol'zovanii sapropelya dlya povysheniya urozhainosti s/kh kul'tur / P.S. Dmitriev, A.V. Nesterenko // VI MNPК Urboehkosistemy: problemy i perspektivy razvitiya. – Iшим, 2018. – S. 84-85. (In Russian).
15. Prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 21 aprelya 2021 goda № ҚР DSM -32. Zaregistririvan v Ministerstve yustitsii Respubliki Kazakhstan 22 aprelya 2021 goda № 22595 «Ob utverzhdenii Gigienicheskikh normativov k bezopasnosti sredy obitaniYA». (In Russian).
16. Koika S.V. Nitraty i nitrity v produktsii rastenievodstva / S.V. Koika, V.T. Skorikov // Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. – 2008. – № 3. – S. 58-63. (In Russian).

### **Информация о финансировании**

*Исследование профинансировано Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках научного проекта (грант № AP14869273) по теме «Разработка инновационной методики получения экологически чистого удобрения на основе рационального использования органоминеральных накоплений озер», и на основании Договора на реализацию научных, научно-технических проектов по грантовому финансированию № 236/30-22-24 от 18.10.2022.*

**П.С. Дмитриев, К.А. Островной\*, И.А. Фомин, И.А. Зубань**

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,  
150000, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ., Пушкин к-сі, 86

\*e-mail: kostrovnoy@mail.ru

### **СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ АВТРОФТЫҚ КӨЛДЕРДІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ЖӘНЕ САПРОПЕЛІН АЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

*Солтүстік Қазақстан облысындағы эвтрофты көлдердің төменгі шөгінділері егін шаруашылығында қолдануға болатын сапропелдің болуымен ерекшеленеді. Сапропелдерді өңдеудің тиімді технологиясын жасау үшін олардың химиялық құрамының сипаттамаларын білу қажет, бұл түптеп келгенде ауыл шаруашылығы дақылдарының тұқымдарының себу сапасына әсер етеді. Мақалада үш эвтрофты көлдің түп шөгінділерінің химиялық құрамын зерттеу негізінде оңтайлы органикалық және минералды құрамы бар сапропел алудың шикізат көзі анықталған. Төменгі шөгінділерді өңдеу әдісі ұсынылған. Алынған сапропел өнімі көкөніс тұқымын себу алдында өңдеуге қолданылады. Солтүстік Қазақстан облысының Қызылжар ауданындағы үш эвтрофты көлдердің органоминералды түп шөгінділеріне жүргізілген химиялық талдау нәтижелері Пеньковское көлінің түп шөгінділері органикалық заттардың, қарашіріктің және өсу үшін қажетті минералдық құрамының жоғары болуымен сипатталатынын және өсімдіктердің дамуымен өсуіне қажет екенін көрсетті. Эвтрофиялық көлдердің түбіндегі шөгінділерден сапропель өнімін бөліп алу мүмкіндігі көрсетілді. "Бордо 237" сортының қызылша тұқымын өнгіштігі мен өсу энергиясына сапропель өнімін вариативті қолдану бойынша жүргізілген зертханалық сынақтар, сапропель ерітіндісіндегі 1.6 г/дм<sup>3</sup> мөлшері көкөніс дақылдарының тұқымдарының өсу энергиясын 2 есе және өнгіштігін 50% - дан астам арттыру үшін жеткілікті екенін көрсетті.*

**Түйін сөздер:** сапропельді алу технологиясы, түбі шөгінділерінің химиялық құрамы, органикалық тыңайтқыштар, сапропель, өнімділікті арттыру, органикалық егіншілік, көлдердің минералды органикалық жинақталуы.

**P.S. Dmitriyev, K.A. Ostrovnoy\*, I.A. Fomin, I.A. Zuban**  
Kozybaev university,  
86 Pushkin Street, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan, 150000  
\*e-mail: kostrovnoy@mail.ru

## **FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND PRODUCTION OF SAPROPEL IN EUTROPHIC LAKES OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION**

*The bottom sediments of the eutrophic lakes of the North Kazakhstan region are distinguished by the presence of sapropel, which can be used in agriculture. To create an effective technology for processing sapropels, it is necessary to know the features of their chemical composition, which ultimately affects the indicators of the sowing qualities of crop seeds. Based on the study of the chemical composition of the bottom sediments of three eutrophic lakes, a raw source for the production of sapropel with optimal organic and mineral composition is identified in this article. A method for processing bottom sediments is proposed. The resulting sapropel product is used for pre-sowing treatment of vegetable seeds. The results of chemical analysis of organomineral bottom sediments of three eutrophic lakes of the Kyzylzhar district of the North Kazakhstan region showed that the bottom sediments of Lake Penkovskoye are characterized by an increased content of organic matter, humus and mineral composition necessary for plant growth and development. The possibility of separating sapropelic product from bottom sediments of eutrophic lakes is shown. Laboratory tests conducted on the variable use of sapropel product, beet seeds of the Bordeaux 237 variety for germination and germination energy showed that the content of 1.6 g/dm<sup>3</sup> in sapropel solution is sufficient to increase the germination energy of vegetable seeds by 2 times, and germination by more than 50%.*

**Key words:** sapropel production technology, chemical composition of bottom sediments, organic fertilizers, sapropel, increasing yields, organic farming, organic mineral accumulations of lakes.

### **Сведения об авторах**

**Павел Станиславович Дмитриев** – кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры «География и экология»; НАО СКУ им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан; e-mail: dmitriev\_pavel@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2712-3508>.

**Кирилл Александрович Островной\*** – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры «Химия и химические технологии»; НАО СКУ им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан; e-mail: kostrovnoy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3309-0965>.

**Иван Александрович Фомин** – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры «География и экология»; НАО СКУ им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан; e-mail: iafofomin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9943-4914>.

**Иван Александрович Зубань** – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры «Биология»; НАО СКУ им. М.Козыбаева; e-mail: zuban\_ia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-0085>.

### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Павел Станиславович Дмитриев** – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, «География және экология» кафедрасының профессоры; М. Қозыбаев атындағы СҚУ КЕАҚ., Петропавл, Қазақстан; e-mail: dmitriev\_pavel@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2712-3508>.

**Кирилл Александрович Островной\*** – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасының аға оқытушысы; М. Қозыбаев атындағы СҚУ КЕАҚ., Петропавл, Қазақстан; e-mail: kostrovnoy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3309-0965>.

**Иван Александрович Фомин** – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «География және экология» кафедрасының аға оқытушысы; М. Қозыбаев атындағы СҚУ КЕАҚ., Петропавл, Қазақстан; e-mail: iafofomin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9943-4914>.

**Иван Александрович Зубань** – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Биология» кафедрасының аға оқытушысы; М.Қозыбаев атындағы СҚУ КЕАҚ., Петропавл, Қазақстан; e-mail: zuban\_ia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-0085>.

### **Information about the authors**

**Pavel Stanislavovich Dmitriyev** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Geography and Ecology; Kozybaev university, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: dmitriev\_pavel@mail.ru, pdmitriev@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2712-3508>.

**Kirill Aleksandrovich Ostrovnoy\*** – Master of Natural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Chemical Technologies; Kozybaev university, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: kostrovnoy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3309-0965>.

**Ivan Aleksandrovich Fomin** – Master of Natural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Geography and Ecology; Kozybaev university, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: iafomin@mail.ru, iafomin@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9943-4914>.

**Ivan Aleksandrovich Zuban** – Master of Natural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biology; Kozybaev university, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: zuban\_ia@mail.ru, iazuban@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-0085>.

Поступила в редакцию 05.04.2024  
Поступила после доработки 14.06.2024  
Принята к публикации 15.06.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-63

IRSTI: 616331



**G.N. Kalmatayeva\*, G.F. Sagitova, S.A. Sakibayeva, D.D. Asylbekova, Zh.K. Shukhanova**  
M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Shymkent, Republic of Kazakhstan, Tauke Khan ave., 5  
\*e-mail: [guzalita.f1978@mail.ru](mailto:guzalita.f1978@mail.ru)

## PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF VULCANIZATES CONTAINING WASTE FROM THE FAT AND OIL INDUSTRY

**Annotation:** For the first time, the possibility of replacing carbon black and stearic acid with waste from the fat and oil industry (diatomite, bleached clay) is investigated. The value of the conditional tensile strength for vulcanizates containing stearic acid is 8,26 MPa, and for the studied vulcanizates containing selected clay, it is in the range of 7,88-8,39 MPa, for those containing diatomite is 7,88-8,43 MPa. The elongation at break for the studied vulcanizates containing selected clay increases from 280% to 300%, for those containing diatomite is from 280 to 297%. A hardness according Shore is found for the studied ones containing selected clay and diatomite in the range of 64-71 conv.units, for the reference rubber of 63 conv.units.

The conducted studies show that the conditional strength and tear resistance decrease when carbon black is replaced with selected clay, as well as diatomite, but the indicators remain within the permissible limits for this rubber. The main role in enhancing the regenerate is played by caoutchouc. Therefore, carbon black and stearic acid can be replaced with less active, but cheaper and environmentally friendly ingredients. Extended physico-mechanical tests of experimental rubbers led to the conclusion that is most expedient to use waste from the fat-and-oil industry in the formulation of rubber mixtures for the manufacture of under-rail laying of railway tracks, since when using waste from the fat-and-oil industry, the properties of rubbers practically do not change, comply with control standards.

**Key words:** waste from the oil production, ingredients, regenerate, bleached clay, diatomite, under-rail gasket.

**Introduction.** Nowadays, the amount of polymer waste has reached about one and a half million tons per year. At the same time, the used amount of polymer waste is very small. Therefore, the problem of polymer waste recycling is in urgent importance currently. It is known that worn tires can be used as a cheap polymer raw material in the production of regenerate from them. Issues related to the regeneration and further use of used tires and rubber products are important [1-4].

In previous studies, we received a tire regenerate and a sub-rail gasket [1, 5-7].

The purpose of this work was to compare the physical and mechanical parameters of vulcanizes.

### Research materials and methods.

The objects of the study were considered:

- Diatomite – waste from the fat and oil industry, «Arai» LLP, Shymkent
- Bleach clay – waste of the fat and oil industry, «Aray» LLP, Shymkent
- A recipe for a rubber compound for a sub-rail gasket OP 356, CP328 of «ECO-Tire» LLP;

The research method:

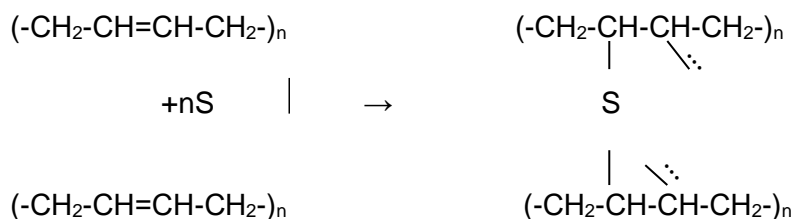


– IR spectral analysis on the device of the INFRARED Fourier spectrometer ShimadzuIRPrestige-21 with the prefix of the disturbed total internal reflection (DTIR) Miracle of PikeTechnologie (Figure 1,2).

Experimental rubber mixtures were obtained on rollers (GOST 14333-79E Rubber-processing rollers).

### Results and their discussion.

During vulcanization in the presence of sulfur, when heated, double bonds break  $-\text{CH}=\text{CH}-$  and polymer chains are «cross-linked» by sulfide bridges  $-\text{C}-\text{S}-\text{C}-$ . Due to the formation of a three-dimensional spatial structure, the thermoplastic polymer passes into a thermosetting state. The vulcanization scheme is shown below:



The change in the IR spectra of tire regenerate and vulcanizate was determined on the IR spectrum. IR spectroscopic analysis was performed on the ShimadzuIRPrestige-21 infrared Fourier spectrometer device. Chemical changes and the reaction mechanism during the interaction of rubber and sulfur were studied using IR spectroscopy.

The IR spectroscopy method makes it possible to monitor changes in the spectral parameters of functional groups under the influence of temperature, irradiation, and during the storage of polymer materials.

As is known, the presence of unsaturated compounds confirms the appearance of absorption bands above  $3000 \text{ cm}^{-1}$ . However, provided a stronger main band below  $3000 \text{ cm}^{-1}$ , does not overlap these bands. A double bond can also be confirmed by the appearance of a band of valence vibrations  $\text{C}=\text{C}$  in the area of  $1650 \text{ cm}^{-1}$ , and the nature of substitution can be determined by the bands of non-planar deformation vibrations  $\text{C}-\text{N}$ . Overtones and bands of  $\text{C}-\text{H}$  plane deformation vibrations can also be useful in this case [8].

In the spectra (Fig. 1), intense bands in the range from  $450$  to  $3000 \text{ cm}^{-1}$  are visible. According to the IR spectrum of the tire regenerate (Fig. 1), the absorption peak in the area of  $2954.95$ ,  $2912.51$ ,  $2846.93 \text{ cm}^{-1}$  of this spectrum belongs to the oscillation of  $\text{C}-\text{H}_3$  bonds in alkanes  $2954.95 \text{ cm}^{-1}$  is overlapped by the absorption of alkanes.

In the spectra (Fig. 2) of the vulcanizate, intense bands are visible in the range from  $450$  to  $3000 \text{ cm}^{-1}$  – bands of valence vibrations of the  $\text{C}-\text{H}$ ,  $2951.09$ ,  $2908.65$ ,  $2846.93 \text{ cm}^{-1}$  groups are caused by mixing vibrations of the  $\text{C}-\text{H}$  and  $\text{C}-\text{C}$  groups.  $2951.09 \text{ cm}^{-1}$  is overlapped by the absorption of alkanes  $-\text{C}-\text{H}_2-$  it also has bands of true and torsional vibrations of about  $1300$  [8]. In our studies, the bands of fan and torsional vibrations are  $1307.74 \text{ cm}^{-1}$ . The position of the band  $1180.44$  is more constant. The absorption peak in the area of  $698.23$ ,  $709.80$ ,  $798.53 \text{ cm}^{-1}$  contains sulfur-containing functional groups  $-\text{C}-\text{S}-$  sulfoxides. Group  $\text{S}-\text{CH}_2$  band  $\sim 1415.75 \text{ cm}^{-1}$  corresponding to the band  $\text{C}-\text{CH}_2$ .

Vulcanizates based on regenerate from tires change slightly with aging. This can be judged by the absorption bands at  $991.41$ ,  $960.55$ ,  $910.40 \text{ cm}^{-1}$  (deformation and valence vibrations of  $\text{C}-\text{H}$  bonds in the structures  $\text{R}_1\text{CH}=\text{CHR}_2$  and  $\text{R}_1\text{R}_2\text{C}=\text{CHR}_3$ ). Since the intensity of the absorption band at  $1643.35 \text{ cm}^{-1}$  (Fig.1), which is characteristic of valence vibrations of the  $\text{C}-\text{C}$  double bond, increases markedly and therefore at the same time its expansion into the lower frequency range is observed. The intensity of valence vibrations has a strong dependence on the molecular environment. It is obvious that when the polymer chain interacts, the symmetry of the molecule decreases relative to the double bonds, which gives an absorption band of greater intensity [9,10].

Figure 3,4 shows the tire regenerate and the under-rail gasket.

We compared the results of technological and physico-mechanical parameters of rubber compounds and vulcanizates. Comparative analyses of different formulations are given in Tables 1,2 and in Figures 5-16.

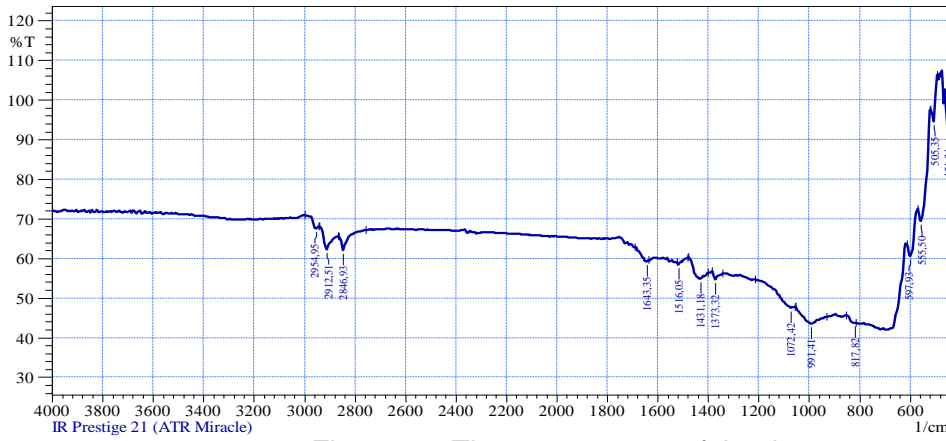


Figure 1 – The spectrogram of the tire regenerate

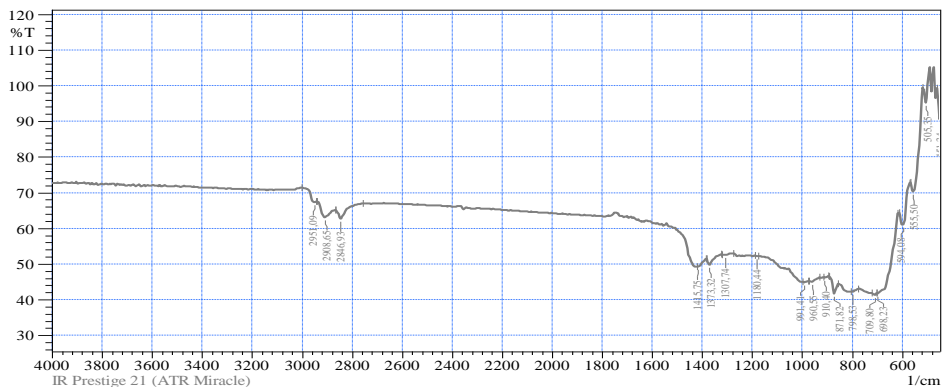


Figure 2 – Spectrogram of the under-rail laying



Figure 3 - Tire regenerate

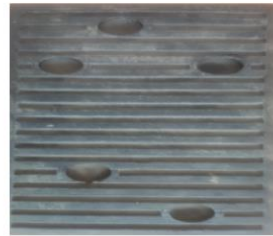


Figure 4 - Under-rail gasket

Table 1 – Comparative test results of samples with the replacement of carbon black with diatomite and selected clay

Name of indicators	The norm according to GOST R 56291-2014	Sample number						
		The standard	1	2	3	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>
<i>The content of carbon black, m.p.</i>		10	5	3	0	5	3	0
<i>The content of diatomite, m.p.</i>		0	5	7	10	0	0	0
<i>The content of the selected clay, m.p.</i>		0	0	0	0	5	7	10
The change in elongation at break after complex climatic aging in terms of the actual values determined before climatic aging, %	± 30%	-24%	-26%	-27%	-27%	-24%	-24%	-26%

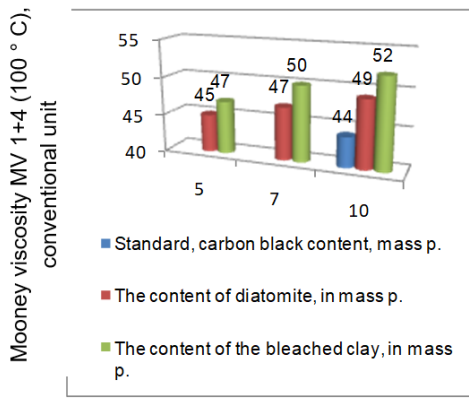


Figure 5 – Diagram of the dependence of the viscosity of the rubber compound for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

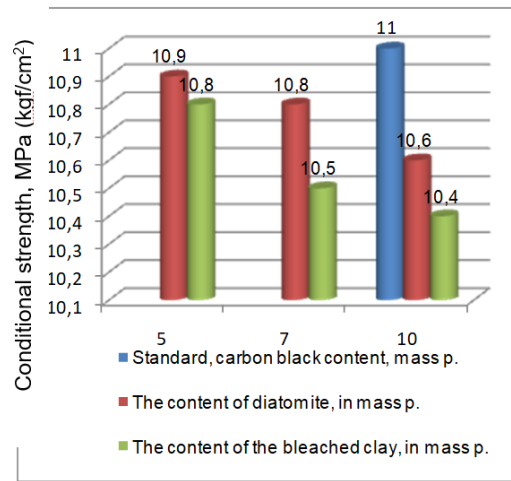


Figure 6 – Diagram of the dependence of the conditional strength of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

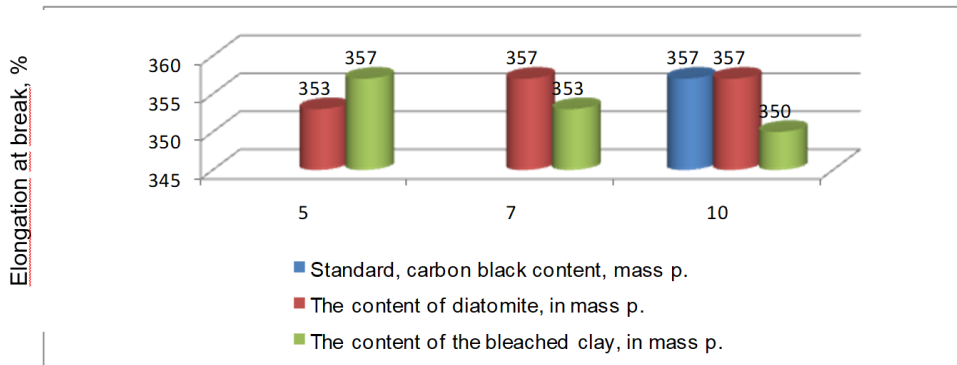


Figure 7 – Diagram of the dependence of the elongation at rupture of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

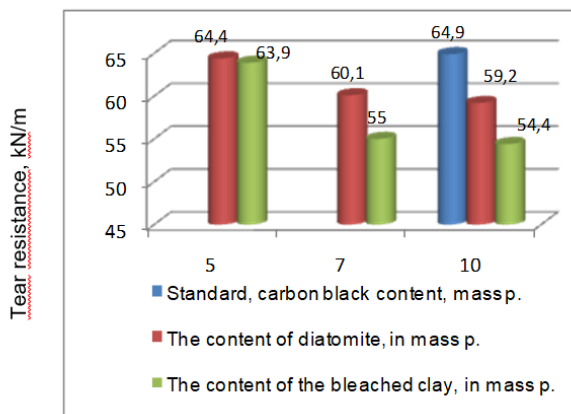


Figure 8 – Diagram of the dependence of the tear resistance of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

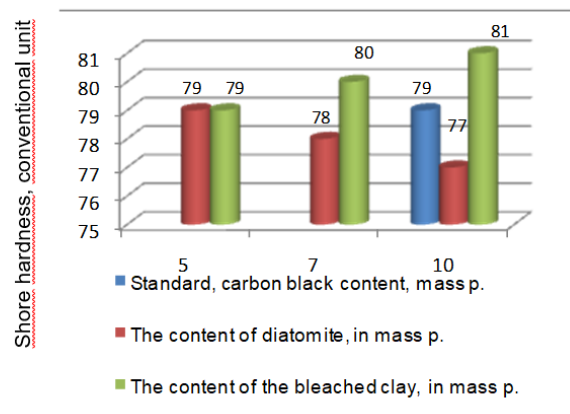


Figure 9 – Diagram of the dependence of the Shore hardness of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

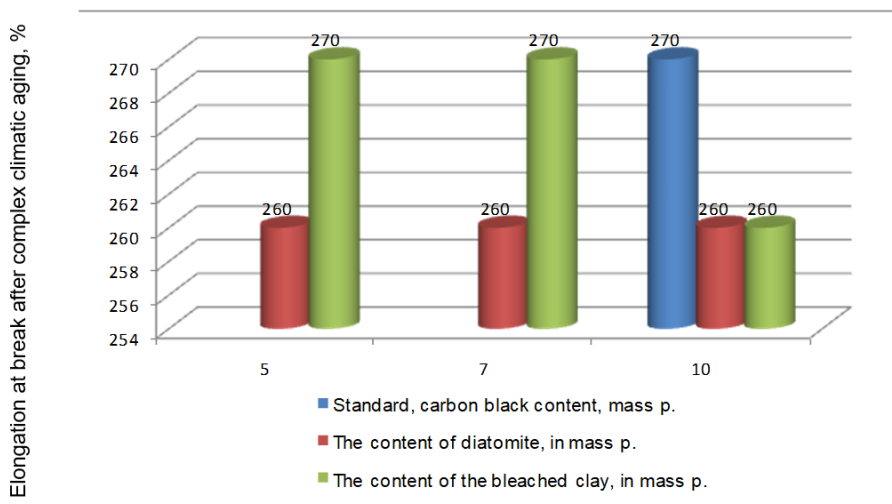


Figure 10 – Diagram of the dependence of the elongation at break after complex climatic aging of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

Table 2 – Comparative test results of samples with replacement of diatomite and bleached clay with stearic acid

Name of indicators	Standard	Sample number						
		The standard	4	5	6	4 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>
The content of stearic acid, in mass parts		0,6						
<i>The content of Diatomite, in mass parts</i>			0,3	0,6	0,9			
<i>Content of Bleached clay, mass parts</i>						0,3	0,6	0,9
Change in conditional strength after thermal aging in air at a temperature of 90 ° C for 72 hours, %, not less	minus 25%	-20,9	-21,5	-21,8	-20,9	-21,8	-20,9	-21,2
Change in elongation at break after thermal aging in air at a temperature of 90 ° C for 72 hours, %, not less	minus 30%	-20,9	-21,5	-21,2	-21,4	-21,2	-21,4	-21,0

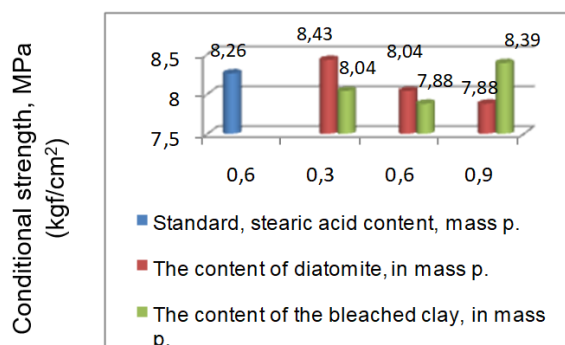


Figure 11 – Diagram of the dependence of the conditional strength of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

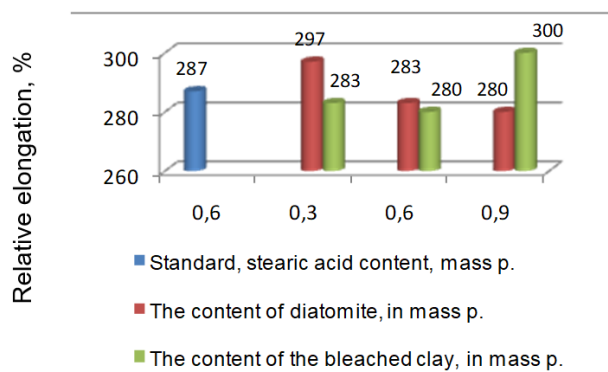


Figure 12 – Diagram of the dependence of the relative elongation of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

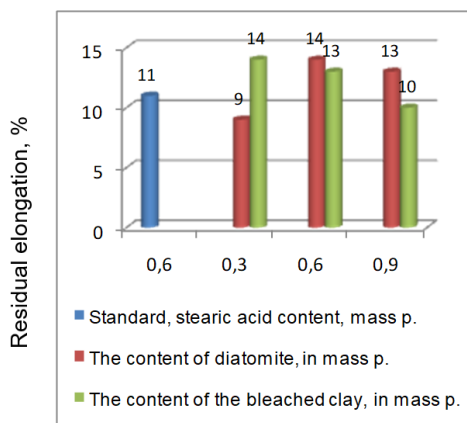


Figure 13 – Diagram of the dependence of the residual elongation of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

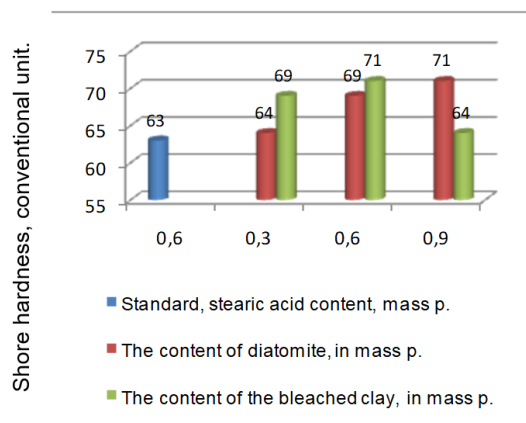


Figure 14 – Diagram of the dependence of the Shore hardness of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

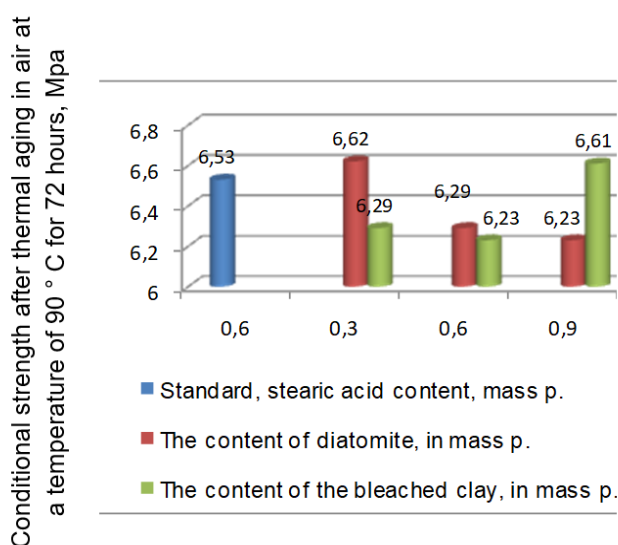


Figure 15 – Diagram of the dependence of the conditional strength of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

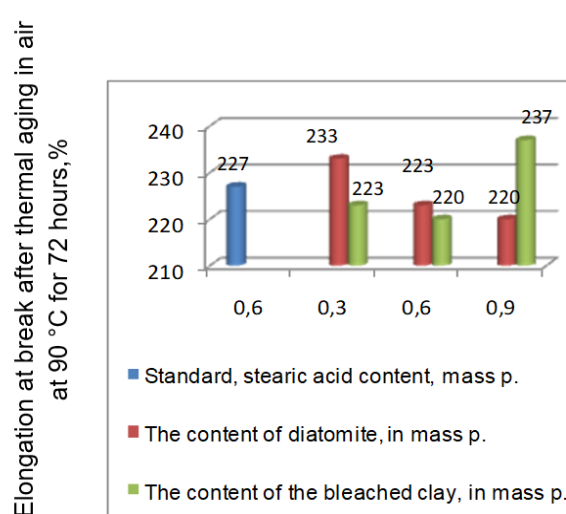


Figure 16 – Diagram of the dependence of the elongation at rupture of rubber for the manufacture of a sub-rail gasket on the content of diatomite and bleached clay

For the first time, the possibility of replacing carbon black and stearic acid with waste from the fat and oil industry (diatomite, bleached clay) was investigated. As can be seen from the analysis of the diagrams, the Mooney viscosity value for a rubber compound containing carbon black is 44.0 conv.units, and for the studied rubber mixtures containing selected clay, is in the range of 47-52 cont.units, and containing diatomite is in the range of 45-49 conv.units (Figure 5). The value of the conditional strength for vulcanizates containing carbon black is 11.0 MPa, and for the studied vulcanizates containing selected clay, it is in the range of 10.4-10.8 MPa, for rubbers containing diatomite it is in the range of 10.6-10.9 MPa (Figure 6). The elongation at break for the studied vulcanizates containing chipped clay increases from 350% to 357%, for vulcanizates containing diatomite from 353% to 357% compared with the reference rubber compound equal to 357% (Figure 7). The tear resistance of the reference rubber is 64.9kN/m, for those containing chipped clay it increases from 54.4 to 63.99kN/m, for those containing diatomite it increases from 59.2 to 64.4 kN/m (Figure 8).

A hardness according Shore is found for the studied rubbers containing selected clay in the range of 79-81 conv.units, for that containing diatomite is 77-79 conv.units, and for the reference rubber is 79 conv.units (Figure 9). The rubber compound for the overhead rail gaskets is prepared based on the resulting regenerate. Due to the addition of 10 m.p. of rubber and 10 m.p. of carbon

black (standard), the performance of rubbers is significantly higher than that of the control from pure regenerate. The possibility of replacing carbon black with selected clay, as well as diatomite, was investigated.

The conducted studies show that the conditional strength and tear resistance (Figure 6, 8) decrease when carbon black is replaced with chipped clay, as well as diatomite, but the indicators remain within the permissible limits for this rubber. The main role in enhancing the regenerate is played by rubber.

The value of the conditional tensile strength for vulcanizates containing stearic acid is 8.26 MPa, and for the studied vulcanizates containing chipped clay is in the range of 7.88-8.39 MPa, for those containing diatomite is 7.88-8.43 MPa (Figure 11). The elongation at break for the studied vulcanizates containing selected clay increases from 280% to 300%, for those containing diatomite from 280 to 297% (Figure 12). A hardness according Shore is found for the studied ones containing selected clay and diatomite in the range of 64-71 conv.units, for the reference rubber is 63 conv.units (Figure 14), which corresponds to the indicators of the control norm. The effect of carbon black and stearic acid is less noticeable, so it can be replaced with less active, but cheaper and environmentally friendly ingredients.

According to Table 1, 2 and Figures 5-16, it can be said that the conducted studies show that the indicators remain within the permissible limits for this rubber. Therefore, carbon black and stearic acid can be replaced with less active, but cheaper and environmentally friendly ingredients.

**Conclusion.** Extended physic-mechanical tests of experimental rubbers led to the conclusion that is most expedient to use waste from the fat-and-oil industry in the formulation of rubber mixtures for the manufacture of under-rail laying of railway tracks, since when using waste from the fat-and-oil industry, the properties of rubbers practically do not change, and comply with control standards.

#### References

1. The use of related products of the fat and oil industry in the production of tire regenerate / G.N. Kalmataeva et al // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Chemistry and Technology Series. – 2022. – № 4. – P. 46-57.
2. Marvin M. MacKillop Rubber Recycling / M. Marvin, A. Duncan // Rubber Chemistry and Technology. – 2002. – № 75(3). – P. 429-474.
3. Saeed O.M. Review of the reclaiming of rubber waste and recent work on the recycling of ethylene-propylene-diene rubber waste / O.M. Saeed, A. Ali., S. Estagy // Rubber Chemistry and Technology. – 2016. – № 89(1). – P. 54-78.
4. Toxicological Assessment of Coated versus Uncoated Rubber Granulates Obtained from Used Tires Aiming to its Use in Sport Facilities / J. Gomes et al // Journal of Air and Waste Management Association. – 2010. – № 60(6). – P. 741-746. DOI: <https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.2.1>.
5. The effect of waste from the fat and oil industry on the properties of elastomeric compositions / G.N. Kalmataeva et al // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Chemistry and Technology Series, Almaty. – 2023. – № 2. – P. 139-152. <http://reports-science.kz/index.php/en/archive>.
6. The effect of regenerate on the properties of rubber compounds and their vulcanizates / G.N. Kalmataeva et al // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series chemistry and technology. – 2023. – Vol. 3, № 456. – P. 96-104. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.180>.
7. Modification of tyre rubber crumb with wastes of plant oil production / G.F. Sagitova et al // Advances in Polymer Technology. – 2023. – P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/6889286>.
8. K. Nakansii Infrared spectra and organic compounds, translated from the English by Ph.D. N.B. Kupletskaya and L.M. Epstein, edited by Ph.D. A.A. Maltsev, M., publishing house «Mir». – 1965. – 216 p.
9. Bellamy L. Infrared spectra of complex molecules / L. Bellamy. – M., publishing house «Chemistry». – 1973. – 396 p.
10. Brand J. Application of spectroscopy in organic chemistry / J. Brand, G. Eglinton. – M., publishing house «Mir». – 1967. – 280 p.

Г.Н. Калматаева\*, Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Д.Д. Асылбекова, Ж.К. Шуханова  
М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы, 5  
e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

## МАЙ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫ БАР ВУЛКАНИЗАТТАРДЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

*Техникалық көміртегі мен стеарин қышқылын май өнеркәсібінің қалдықтарымен (диатомит, ағартқыш саз) ауыстыру мүмкіндігі алғаш рет зерттелуде. Құрамында стеарин қышқылы бар вулканизаттар үшін шартты созылу беріктігінің мәні 8,26 МПа, ал құрамында ағартқыш саз бар зерттелетін вулканизаттар үшін 7,88-8,39 МПа, құрамында диатомит бар 7,88-8,43 МПа. Құрамында ағартқыш саз бар зерттелетін вулканизаттар үшін үзілудің салыстырмалы ұзаруы 280%-дан 300%-ға дейін, құрамында диатомит 280%-дан 297%-ға дейін артады. Ағартқыш саз және диатомиті бар зерттеушілерге арналған резина үшін шора А бойынша қаттылығы 64-71 ш.б. аралығында, эталонды резина үшін 63 ш.б.*

*Зерттеулер көрсеткендей, техникалық көміртекті ағартқыш сазға, сондай-ақ диатомитке ауыстырған кезде шартты беріктік пен сынуға төзімділік төмендейді, бірақ көрсеткіштер берілген резина үшін рұқсат етілген шектерде қалады. Регенератты күшейтуде басты рөлді резина атқарады. Сондықтан көміртегі мен стеарин қышқылын аз белсенді, бірақ арзан және экологиялық таза инердиенттермен алмастыруға болады. Тәжірибелі резиналардың кеңейтілген физика-механикалық сынақтары темір жолдардың рельс асты төсемін жасау үшін резина қоспаларының рецептінде май өнеркәсібінің қалдықтарын пайдаланудың ең үлкен орындылығы туралы қорытындыға әкелді, өйткені май өнеркәсібінің қалдықтарын пайдаланған кезде резиналардың қасиеттерінің көрсеткіштері іс жүзінде өзгермейді, бақылау нормаларына сәйкес келеді.*

**Түйін сөздер:** өсімдік майы өндірісінің қалдықтары, инердиенттер, регенерат, ағартқыш саз, диатомит, рельс астындағы төсем.

Г.Н. Калматаева\*, Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Д.Д. Асылбекова, Ж.К.Шуханова  
Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,  
160012, Республика Казахстан, г.Шымкент, пр.Тауке хана, 5  
\*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВУЛКАНИЗАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Впервые исследуется возможность замены технического углерода и стеариновой кислоты на отходы масложировой промышленности (диатомит, отбельная глина). Значение условной прочности при растяжении для вулканизатов, содержащих стеариновую кислоту равна 8,26 МПа, а для исследуемых вулканизатов, содержащих отбельную глину, находится в интервале 7,88-8,39МПа, для содержащих диатомит 7,88-8,43 МПа. Относительное удлинение при разрыве для исследуемых вулканизатов, содержащих отбельную глину возрастает с 280 % до 300%, для содержащих диатомит с 280 до 297%. Твердость по ШоруА находится для исследуемых, содержащих отбельную глину и диатомит в интервале 64-71 усл. ед., для эталонной резины 63 усл. ед.*

*Проведенные исследования показывают, что условная прочность и сопротивление раздиру снижаются при замене технического углерода на отбельную глину, а также на диатомит, но показатели остаются в пределах допустимых для данной резины. Основную роль в усилении регенерата играет каучук. Поэтому технический углерод и стеариновую кислоту можно заменить на менее активные, но более дешевые и экологически чистые ингредиенты. Расширенные физико-механические испытания опытных резин привели к выводу о наибольшей целесообразности использования отходов масложировой промышленности в рецептуре резиновых смесей для изготовления подрельсовой прокладки железнодорожных путей, так как при использовании отходов масложировой промышленности показатели свойств резин практически не изменяются, соответствует нормам контроля.*

**Ключевые слова:** отход производства растительного масла, ингредиенты, регенерат, отбельная глина, диатомит, подрельсовая прокладка.

### Information about the authors

**Galiya Kalmatayeva\*** – Master student Graduate School of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: galarka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7575-8343>.

**Guzaliya Sagitova** – Candidate of technical sciences, Prof of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

**Saule Sakibayeva** – Candidate of technical sciences, Prof of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

**Dina Asylbekova** – Candidate of technical sciences, Assoc.Prof of the chair «Chemistry and Pharmaceutical Engineering» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: asylbekova.dina@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Zhulduz Shukhanova** – PhD, docent of the chair «Oil and gas business» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: shuhanovaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2271-0305>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Галия Нысановна Калматаева\*** – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: galarka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7575-8343>.

**Гузалия Фаритовна Сагитова** – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

**Сауле Абдразақовна Сакибаева** – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

**Дина Дуйсенбекқызы Асылбекова** – химия ғылымдарының кандидаты, «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: asylbekova.dina@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Жулдуз Кенжебаевна Шуханова** – PhD доктор, «Мұнайгаз ісі» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: shuhanovaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2271-0305>.

### Сведения об авторах

**Галия Нысановна Калматаева\*** – докторант, кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: galarka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7575-8343>.

**Гузалия Фаритовна Сагитова** – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

**Сауле Абдразақовна Сакибаева** – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

**Дина Дуйсенбекқызы Асылбекова** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и фармацевтическая инженерия» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: asylbekova.dina@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Жулдуз Кенжебаевна Шуханова** – PhD доктор, доцент кафедры «Нефтегазовое дело» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: shuhanovaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2271-0305>.

*Received 11.04.2024*

*Revised 29.05.2024*

*Accepted 30.05.2024*



**A.S. Seitkan<sup>1\*</sup>, S.A.T. Redfren<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Astana International University,  
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, 8 Kabanbay batyr avenue<sup>2</sup>Nanyang Technological University,  
639798, Singapore, 50 Nanyang Avenue

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

## TOXICITY AND STABILITY OF IRON-ARSENIC ALLOY

**Abstract:** Iron-arsenic alloy is a waste-form of a novel gold recovery technology from gold-arsenic-bearing concentrates. This study investigates toxicity and solubility of Fe-As alloy in aqueous solutions. Results of the TCLP-like test, to evaluate the potential toxicity of a solid Fe-As alloy, suggest that the alloy is not stable in acidic conditions (pH 2.88), and releases As in concentrations exceeding the TC threshold level by more than four times. Calcium arsenate dust toxicity has been also evaluated for comparison. It was found to release 40 times more As than iron-arsenic alloy. Concentrations of As in the SPLP-like test leachates were well within the regulatory limit, thus demonstrating the relative stability of the Fe-As alloy in normal meteoric waters (pH 5). Long-term leaching tests in the environmentally-relevant pH range of 5 to 9 at 22°C demonstrate that Fe-As alloy is very susceptible to acidic pH conditions. Arsenic solubilization was high under acidic conditions (at pH5 and pH6), which suggests that in the long term it can be mobilized within the environment if exposed to meteoric waters, and certainly to acid rain. However, at the neutral and alkaline pH conditions typical of monofills it appears to be stable over the long term.

**Key words:** gold recovery; Fe-As alloy; arsenic; toxicity, stability.

### Introduction

As mobility from waste materials is of considerable environmental significance, particularly in relation to their mobilisation into water supplies [1]. Following increasing body of published research proving As toxicity [2], the WHO reduced drinking water limit for As to 10 µg/L, albeit some countries have more stringent standards. Kazakhstan has not brought regulatory limits for As in drinking water to this concentration yet due to issues related to detection limit of analytical equipments currently used in laboratories, and still operates at MCL of 50 µg/L.

As often accompanies non-ferrous and precious metals in sulfidic ores and it is the main concern in mining and processing of the refractory As-bearing gold ores. Earlier, we proposed a novel single stage method for gold recovery from double refractory gold-arsenic-bearing carbonaceous concentrates, based on melting of the concentrate with Fe-rich waste slag and lead oxide in reducing atmosphere, the so called direct reductive melting (DRM) process [3]. Processing locks As into a relatively benign (compared to alternative methods) iron-arsenic alloy and concentrates gold into lead bullion. The method has been published as a patent with the Patent Office of the Republic of Kazakhstan [4]. The Fe-As alloy, consisting of mixed iron arsenides, obtained under optimal conditions for As recovery has been characterised using EPMA (Electron probe microanalysis), QEMSCAN (Quantitative Evaluation of Minerals by Scanning Electron Microscopy), powder X-ray and neutron diffraction [3]. Thermal behaviour of the alloy has also been studied [5].

Removal of As from gold-arsenic-bearing refractory materials into solid waste, such as slag and speiss, is known as a potentially safe disposal option. It allows one to avoid the transition of As to the gas phase, and to avoid subsequent troublesome gas collection and solidification/stabilisation processes. Calcium sulfite and sulfate were added to suppress sublimation of As during smelting of refractory gold-arsenic bearing concentrates [6], this incorporated As into the slag. However, the process consumed large quantities of reagents. In addition, a certain amount of As still passed into the gas phase, and the leaching behaviour of the slag is unknown. There has been an attempt to investigate the leaching behaviour of the slag, obtained by incorporation of arsenates into typical waste slags of lead and copper smelting [7]. The product of ferric arsenate and lead furnace slag, containing 20.7% As, leached out 0.01% of the As after 8000 hours of static water leaching. A

product, containing 23.5% As, that was obtained by slagging of copper slag and calcium arsenate, leached a similar amount of As. In another study, As was converted into speiss in the course of gold recovery from double refractory gold-arsenic-bearing concentrates [8] by melting with metallic iron and lead sulfate. Once again, the leaching behaviour of the obtained speiss material has not been studied.

Furthermore, to date no single study has reported on the leaching behaviour of iron-arsenic alloys with high As content (up to 40%), such as those obtained from DRM of the Bakyrchik concentrates. The purpose of this study is to characterize the toxicity and stability of the iron-arsenic alloy. The objectives of the research are:

- Evaluate toxicity of the iron-arsenic alloy.
- Examine the stability of the iron-arsenic alloy.
- Study long-term leaching behaviour of the iron-arsenic alloy under various pH conditions.

Understanding the long-term stability of iron-arsenic alloy is crucial for prediction of the long-term behaviour of As in such alloys, and in weathered products following its disposal, as well as to evaluate its pollution load and associated environmental hazards.

### Experimental

The toxicity of the iron-arsenic alloy has been assessed by the «Toxicity Characteristics Leaching Procedure» (TCLP) – the United States Environmental Protection Agency (USEPA) regulatory method for classifying wastes as hazardous based on toxicity [9]. The gold extraction process, previously employed at Bakyrchik, removed As in the form of calcium arsenate dust. The toxicity of the calcium arsenate dust from the Bakyrchik minesite was also evaluated to compare to that of iron-arsenic alloy.

The stability of the iron-arsenic alloy has been studied by conducting short-term and long-term leaching tests. The short-term leaching test resembled a standard «Synthetic Precipitation Leaching Procedure» [10]. The major difference between the SPLP and the TCLP tests is in the extraction fluid used.

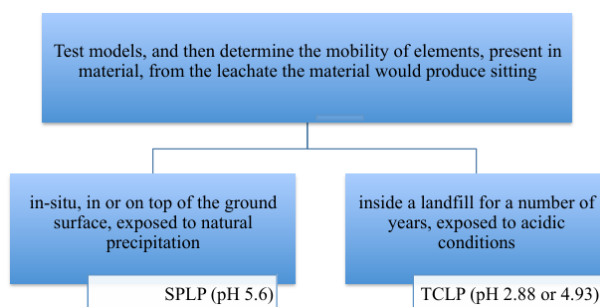


Figure 1 – Difference between SPLP and TCLP tests

The SPLP extraction fluid reflects the acidity of precipitation in the area where the sample is located. Therefore, in the short-term leaching test, pH 5 has been chosen to simulate a pH typical of normal rainwater. Short-term SPLP-like leaching test comprised five consecutive contacts of Fe-As alloy with deionized water at pH 5 and 22°C in polycarbonate Erlenmeyer flasks, stoppered to prevent evaporation (Table 1). After each 24-hour contact, the slurry was filtered using a glass microfibre filter. The filtrate was analysed for iron and arsenic, while the wet solid was placed in contact again with fresh extraction water and so on. The regulated temperatures, and the shaking process for the short-term leaching test, as well as for long-term leaching test were controlled using an Adolf Kuhner ISF-1-W incubator-shaker. The pH adjustment was controlled using analytical grade 0.01M NH<sub>4</sub>OH and 0.01M HNO<sub>3</sub> solutions. Deionised water (DW) with the resistivity of >18 MΩ/cm was used throughout the entire experiment.

Since simple conduct of commonly accepted leaching tests (such as TCLP and SPLP) is insufficient for realistic assessment of environmental impact of the waste material, the long-term leaching behaviour of the Fe-As alloy in environmentally-relevant pH conditions has also been studied (Figure 2).

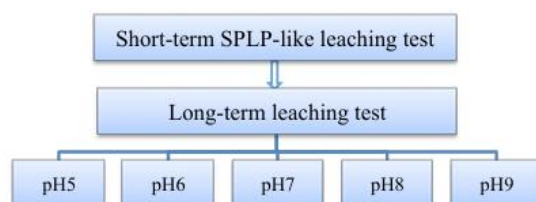


Figure 2 – Experimental design

Wet solid residue after the five-stage short-term experiment was used to evaluate long-term stability and leaching behaviour of the iron-arsenic alloy. A mixture with a S:L ratio of 1:40 was equilibrated for 12 weeks. Over this time a 2 mL aliquot of the slurry was collected daily using 0.1 µm syringe filters in the first week, and weekly using 0.02 µm syringe filters in the following 11 weeks. The experiment was conducted without the addition of any fresh extractant. The pH was adjusted many times a day as required. At the end of the test the leachates were filtered and the residues were washed three times with the same volume of water as the volume of the filtrates. The temperature of the water used for washing was the same as the leaching temperature. The solid residues were then allowed to dry for a week at room temperature, and then analysed by XRD.

Details of the tests are presented in Table 1. Fe and As content in aliquots was determined using ICP-MS.

Table 1 – Details of the leaching tests

Parameter	TCLP-like test	SPLP-like test	Long-term test
Particle size, mm	< 2	< 2	< 2
Agitation speed, rpm	30	30	30
Extractant (pH)	DW (pH2.9)	DW (pH5)	DW, pH5-9
Temperature, °C	22	22	22, 50, 75
Extraction time	five 24-hour-contacts		up to 16 weeks
Solid:liquid (S:L) ratio, g:ml	1:20	1:20	1:40
Filter pore size, µm	0.7	0.7	0.1 and 0.02

## Results

The result of the TCLP-like test is shown in Table 2. The leachability of the iron-arsenic alloy was compared to that of calcium arsenate dust.

Table 2 – TCLP-like (pH 2.88) test results for Fe-As alloy and calcium arsenate dust

Sample (As content)	Leached As, ppm ± SD	Multiple of TC limit
Iron-arsenic alloy (up to 30% As)	24.45±0.06	4.8
Calcium arsenate dust (3% As)	888.15±0.08	177.6

Results of the short-term SPLP-like test of the Fe-As alloy are shown in Figure. 3. The potential long-term leachability of As from iron-arsenic alloy is depicted in Figure. 4. The long-term leaching test was run for 84 days.

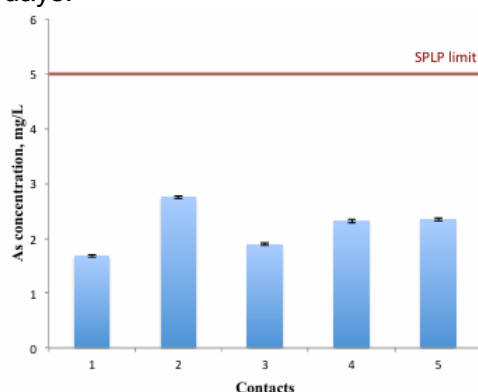


Figure 3 – Short-term SPLP-like test of Fe-As alloy over successive contacts

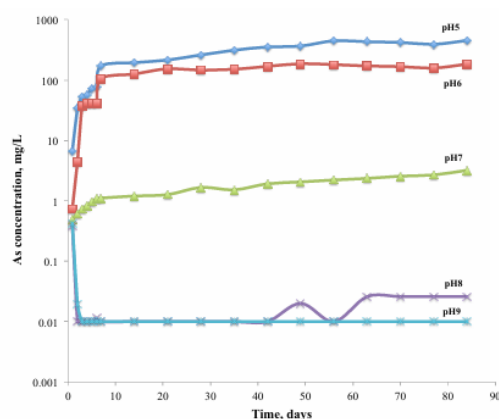


Figure 4 – Leaching of arsenic from Fe-As alloy as a function of time and pH at 22 °C

## Discussion

The TCLP-like test held at pH 2.9 leached 24.45 mg/L As from the Fe-As alloy, exceeding As toxicity characteristic limit of 5 mg/L. Based on the TCLP-like test, the alloy shall be deemed toxic. Some countries have less stringent requirements for disposal of As-containing residues, taking into account the fact that it is not xenobiotic to the environment, and does not bioaccumulate in the body. According to the UK's Waste Management Paper of the Department of the Environment (1980), the regulatory limit for As-bearing wastes co-deposited in a landfill is 10 mg/L of As in leachate, whereas in hydrologically secure sites, which excludes any risk for groundwater quality, it is 25 mg/L [11]. From this less emotive and reasonably pragmatic perspective Fe-As alloy would have passed the required limit for disposal of waste in secure to groundwater monofills.

Calcium arsenate dust released 888 mg/L As. This is close to the As concentrations (900-1400 mg/L) reported for calcium arsenate compounds subjected to the TCLP [12]. The Fe-As alloy appears to be considerably less soluble, releasing almost 40 times less As compared to the calcium arsenate dust. It is clear that Fe-As alloy is by far a better solution for safe disposal of As than previous option – calcium arsenate dust.

The applicability of the TCLP for classification of metallurgical wastes has been the subject of much controversy. Some authors have found that As levels leached by the TCLP test exceeded those leached by six months of continual column leaching [13]. The TCLP is especially inadequate when the lowest solubility of the waste constituent matches the pH of the TCLP leaching solution. It has been suggested that sulphate would be a more suitable leaching agent for As-containing non-ferrous wastes [14]. Hence, for mineral processing and metallurgical wastes, which are generally disposed of in monofills with neutral to alkaline pHs, the SPLP seems to be more appropriate. According to the USEPA "The SPLP is a method of choice when evaluating fate and transport of metals in a properly engineered waste land disposal facility from which municipal solid is excluded". It can be seen from the Figure 3, that the Fe-As alloy leached between 1.67 to 2.75 mg/L As during the test. This is less than the SPLP regulatory limit of 5 mg/L for As [15]. The SPLP solution pH represented the acidity of meteoric precipitation in the Bakyrchik area. According to the routine industrial monitoring results the pH of surface and ground waters in the vicinity of the Bakyrchik Mine site is circumneutral [16], suggesting that compared to the TCLP-like test the SPLP-like test is more representative of the conditions, to which the As residue would be exposed. The results of the SPLP-like test confirms that the Fe-As alloy is relatively stable in the short term under natural weathering conditions.

According to the long-term leaching test (Figure 4), Fe-As alloy solubility appears to be very sensitive to the pH of the extractant: the lower the pH of the solution the greater the leaching of As. The concentration of As in solution increases significantly in the first week of the test at pH 5, pH 6 and pH 7. In contrast, at pH 8 and 9 it decreases, with As concentration below detection limit in most of the measured aliquots. The highest leachability of As is observed at pH 5, ranging from an initial value of 6.71 to 447 mg/L upon reaching equilibrium. The As concentration at pH 7 increased moderately in the first week from 0.49 to 1.11 mg/L, then continued with a very small but steady increase of As up to 3.20 mg/L determined on the final day of the test. The final concentration of As

for each run plotted as a function of pH is shown in Figure 5, where the strong dependence of equilibrium concentration on pH is clear.

Information regarding the stability of iron-arsenic alloys is scarce. The only relevant study is of Harris and Monette [17] on weathering of speisses (chemically iron arsenides) in laboratory conditions. In their experiment, some speiss samples remained relatively unaffected, but others significantly decomposed upon weathering. The complete breakdown of speiss was accompanied by steady increase of dissolved As content in leachate. However, after reaching a certain value As concentration in leachate started to decline gradually. The product of complete breakdown of speiss was ferrihydrite. Decrease of As content in leachate was attributed to adsorption of As by ferrihydrite. It is known that over time ferrihydrite converts to goethite, hematite or the mix of both [18]. However, if ferrihydrite contains adsorbed species, like arsenates [19,20], the transformation can be substantially inhibited. From these considerations, it appears that speiss materials can be buried and allowed to weather in monofills with impermeable liner.

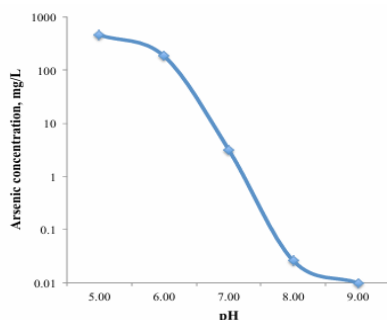


Figure 5 – Solubility of Fe-As alloy as a function of pH at 22 °C

In addition, The Fe-As alloy is a solid dense monolithic material, with less free surface area for permeability and leaching compared to amorphous precipitates and dust wastes. Hence, given the monolithic structure of the Fe-As alloy, and the fact that mineral processing wastes are not subjected to crushing prior to their disposal, if we had done a leaching test designed for assessment of monolithic wastes (such as Dutch Tank Leach Test NEN 7345 [21]), which do not require the particle size reduction employed here, much less As would have been released from the alloy.

### Conclusion

The results of this study suggests that the iron-arsenic alloy, if disposed of in neutral to alkaline conditions, would be a good medium for As immobilisation. The Fe-As alloy is a compact monolithic, dense material, which can accommodate up to 40% As. Furthermore, it doesn't require any troublesome and/or costly stabilisation/solidification pre-treatments prior to disposal. These advantages, together the high degree of gold extraction, make iron-arsenic alloy an attractive waste-form for removal of As from double refractory Au-As-bearing concentrates.

### References

1. Magalhaes M. Arsenic. An environmental problem limited by solubility / M. Magalhaes // *Pure and Applied Chemistry*. – 2002. –10. – P. 1843-1850.
2. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Second edition. Volume 1: Recommendations. World Health Organization, Geneva, 1998.
3. Seitkan A. Processing double refractory gold-arsenic-bearing concentrates by direct reductive melting / A. Seitkan, S.A.T. Redfern // *Minerals Engineering*. – 2016. – Vol. 98. – P. 286-302. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.08.017>.
4. Patent KZ N 2015/0394.1 Method of processing gold arsenic-bearing sulfide concentrates / Seitkan A., Redfern S.A.T., March 2016.
5. Thermal Behavior of Iron Arsenides Under Non-Oxidizing Conditions / A. Seitkan et al // *ACS Omega*. – 2020. – 5(12). – P. 6423-6428. DOI: 10.1021/acsomega.9b03928.
6. Kozmin Yu.A. Sposob pererabotki mysh'yaksoderzhashchikh materialov (in rus) / Yu.A. Kozmin, N.G. Serba, A.S. Kulenov – IC N1082849, 1984.
7. Mehta A.K. Investigation of new techniques for control of smelter arsenic bearing wastes. EPA-600/S2-81-049. U.S. Environmental Protection Agency, Industrial Environmental Research Laboratory, 1981.

8. Izvlechenie zolota iz upornyh rud kombinirovannym sposobom / N.G. Serba et al // Sbornik nauchnyh trudov VNIITSVETmeta / VNIITSVETmet. – 2000. – P. 285-288.
9. USEPA. Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure, 1992. Available from: <http://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1311-toxicity-characteristic-leaching-procedure>.
10. USEPA. Method 1312: Synthetic Precipitation Leaching Procedure, 1992. Available from: <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1312-synthetic-precipitation-leaching-procedure>.
11. Department of the Environment. Arsenic-bearing wastes. Waste Management Paper, (20), 1980.
12. Swash P.M. Synthesis, characterisation and solubility testing of solids in the Ca-Fe-AsO<sub>4</sub> system / P.M. Swash, A.J. Monhemius // In Sudbury 95 – Mining and the environment / CANMET. – Ottawa, Canada, 1995. – P.17-28.
13. Leist M. Evaluation of leaching tests for cement-based immobilization of hazardous compounds / M. Leist, R.J. Casey, D. Caridi // Journal of Environmental Engineering Asce. – 2003. – P. 129:637-641.
14. Hopkin W. The problem of arsenic disposal in non-ferrous metals production / W. Hopkin // Environmental Geochemistry and Health. – 1989. – № 3-4. – P. 101-112.
15. USEPA. 40 CFR Part 261. Federal Register, March 29, 1990.
16. Wusaty A. Bakyrchik mining venture. Kyzyl Gold Project. Environmental Feasibility Study / A. Wusaty, D. Douglas // Sustainability Pty Ltd., 2011.
17. Harris G.B. The disposal of arsenical solid residues / G.B. Harris, S. Monette // Productivity and Technology in the Metallurgical Industries / TMS-AIME/GDMB Joint Symposium. Cologne, Germany. –1989. – P. 545-559.
18. Schwertmann U. Iron oxides in the laboratory: Preparation and characterization / U. Schwertmann, R.M. Cornell // Weidheim, New York, Basel and Cambridge, 1991.
19. Emmet M. Environmental stability of As-iron hydroxides / M. Emmet, G. Khoe // Proceeding EPD Congress. – 1994. – P. 153-166.
20. Swash P.M. Hydrothermal precipitation from aqueous solutions containing iron (III), arsenate and sulphate / P.M. Swash, A.J. Monhemius // Hydrometallurgy. – 1994. – 94. – P. 177-190.
21. NEN 7345, 1995. Leaching characteristics of solid earthy and stony building and waste materials.

**А.С. Сейткан<sup>1\*</sup>, С.Э.Т. Редферн<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Астана халықаралық университеті  
010000, Қазақстан Республикасы, Астана, Қабанбай батыр даңғылы, 8

<sup>2</sup>Наньян технологиялық университеті  
639798, Сингапур, Наньян даңғылы, 50

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

### **ТЕМІР-МЫШЬЯК ҚОРЫТПАСЫНЫҢ УЫТТЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ**

*Темір-мышьяк қорытпасы алтынды табанды алтын-мышьякты концентраттардан бөліп алудың жаңа технологиясы – тікелей тотықсыздандыра балқытудың қалдық өнімі болып табылады. Бұл мақалада сулы ерітінділердегі Fe-As қорытпасының уыттылығы мен тұрақтылығын зерттеу нәтижелері берілген. Fe-As қорытпасының әлеуетті уыттылығын бағалау үшін «Шаймалау арқылы уыттылықты анықтау процедурасы» пайдаланылды. Сынақ нәтижелері қорытпаның қышқыл ортада (рН 2,88) тұрақсыз екенін және уыттылықтың шекті деңгейінен төрт еседен жоғары концентрацияларда As шайылатынын көрсетті. Салыстыру үшін кальций арсенаты шаңының уыттылығы да осы әдіспен тексерілді. Шаңның темір-мышьяк қорытпасынан 40 есе көп мышьяк бөлетіні анықталды. Fe-As қатты қорытпасының тұрақтылығын бағалау үшін «Жасанды (атмосфералық) жауын-шашынмен шаймалау процедурасы» қолданылды. Бұл кезде филтраттардағы As концентрациясы стандартты шектерден аспады, яғни атмосфералық жауын-шашынға тән рН 5 ерітінділерде Fe-As қорытпасы салыстырмалы түрде тұрақты болып келеді. 22°С температурада рН 5- 9 аралығында ұзақ уақыт шаймалау сынақтары Fe-As қорытпасының қышқыл рН жағдайларға өте сезімтал екенін көрсетеді. Шаймалау кезінде мышьяктың қорытпадан сулы ерітіндіге өтуі рН5 және рН6 жағдайында жоғары болды, бұл қорытпаның қоршаған ортада ұзақ уақыт бойы жауын-шашынның және, әлбетте, қышқыл*

жаңбырдың әсеріне ұшыраса құрамындағы мышьяқтың ерітіндіге шайылуы мүмкін екендігін білдіреді. Дегенмен, жүргізілген эксперименттер қорытпаның монополигондарға тән бейтарап және сілтілі рН жағдайында ұзақ уақыт бойы тұрақтылығын сақтайтынын дәлелдеді.

**Түйін сөздер:** алтынды бөліп алу; Fe-As қорытпасы; мышьяк; уыттылық, тұрақтылық.

**А.С. Сейткан<sup>1\*</sup>, С.Э.Т. Редферн<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Международный университет Астана,  
010000, Республика Казахстан, Астана, пр. Кабанбай батыра, 8

<sup>2</sup>Наньянский технологический университет,  
639798, Сингапур, пр. Наньян, 50

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

## ТОКСИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ЖЕЛЕЗО-МЫШЬЯКОВОГО СПЛАВА

Железо-мышьяковый сплав является отходом новой технологии извлечения золота из упорных золото-мышьяковых концентратов – прямой восстановительной плавки. В данной статье представлены результаты исследования токсичности и стабильности Fe-As сплава в водных растворах. «Процедура определения характеристик токсичности выщелачиванием» (ПХТВ) была использована для оценки потенциальной токсичности твердого Fe-As сплава. Результаты ПХТВ-подобного теста позволяют предположить, что сплав нестабилен в кислотной среде (рН 2,88) и выделяет As в концентрациях, превышающих пороговый уровень токсичности более чем в четыре раза. Для сравнения, также, была оценена токсичность пыли арсената кальция. Было обнаружено, что пыль выделяет в 40 раз больше мышьяка, чем железо-мышьяковый сплав. Для оценки стабильности твердого Fe-As сплава была применена «Процедура выщелачивания искусственными (атмосферными) осадками» (ПВИО). Концентрация As в фильтрах ПВИО-подобного теста находилась в пределах нормы, что свидетельствует об относительной стабильности Fe-As сплава в растворах с рН 5, подобных атмосферным осадкам. Длительные испытания на выщелачивание в экологически безопасном диапазоне рН от 5 до 9 при температуре 22 оС показывают, что Fe-As сплава характеризуется высокой чувствительностью к кислым условиям среды. Растворимость мышьяка была высокой при рН5 и рН6, что позволяет предположить, что в долгосрочной перспективе сплав может проявлять подвижность в окружающей среде при воздействии атмосферных осадков и, конечно же, кислотных дождей. Однако в нейтральных и щелочных условиях рН, типичных для монополигонов, сплав сохраняет стабильность в течение длительного времени.

**Ключевые слова:** извлечение золота; Fe-As сплав; мышьяк; токсичность, стабильность.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Айнур Сейтканқызы Сейткан\*** – техника ғылымдарының кандидаты, Жаратылыстану ғылымдары жоғары мектебінің доценті, Астана халықаралық университеті, Қазақстан; e-mail: seitkanainur.77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9309-500X>.

**Саймон Энтони Тернер Редферн** – PhD, профессор, Ғылым колледжінің деканы, Наньян технологиялық университеті, Сингапур; e-mail: simon.redfern@ntu.edu.sg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-0147>.

### Сведения об авторах

**Айнур Сейтканқызы Сейткан\*** – кандидат технических наук, доцент Высшей школы естественных наук, Международный университет Астана, Казахстан; e-mail: seitkanainur.77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9309-500X>.

**Саймон Энтони Тернер Редферн** – PhD, профессор, декан колледжа науки, Наньянский технологический университет, Сингапур; e-mail: simon.redfern@ntu.edu.sg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-0147>.

### Information about the authors

**Ainur Seitkan\*** – candidate of technical sciences, associated professor of the Higher School of Natural Sciences; Astana International University, Kazakhstan; e-mail: seitkanainur.77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9309-500X>.

**Simon Anthony Turner Redfern** – professor, PhD, Dean of the College of Science, Nanyang Technological University, Singapore; e-mail: simon.redfern@ntu.edu.sg. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-0147>.

Received 30.05.2024

Revised 07.06.2024

Accepted 11.06.2024

**Б.С. Серикбаева\*, М.С. Сатаев, Ш.Т. Кошкарбаева, Н.К. Сарыпбекова**

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даң., 5  
\*e-mail: sbagdash@bk.ru

## ПОЛИЭТИЛЕНДІ МЕТАЛДАНДЫРУ ҮШІН ФОТОХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ҚОЛДАНУ

**Аңдатпа:** Соңғы елу жылда техникада полимерлерді металдандыру процесі кеңінен қолданылуда. Полимерлерді металдандыру – метал қабаты астында полимер кемшіліктерін жасыра отырып, жаңа функциональды материал алу. Полимердің бірқатар кемшіліктерін жақсартып отырып, полимергеде және металға да тән емес басқа мүмкіндіктері бар жаңа материал алынады. Жаңа мүмкіндіктеріне байланысты металдандарылған полимерлерді көптеген салаларда (автомобиль, энергетика, электроника, теңіз, авиация, ғарыш, және т.б. күнделікті тұрмыста) қолданылады.

Бұл мақалада полимерлердің дисперсті метал бөлшектерінің пайда болуына әкелетін мыс кіші тобының элементтері қосылыстарының ерітінділерінің жұқа сорбциялық қабықшаларындағы фотохимиялық процестері зерттелді.  $AuCl_3$  ерітіндісіне салынған және күн сәулесінің әсеріне ұшыраған полимерлерде элементтік алтынның дисперсті бөлшектері пайда болатыны көрсетілген. Бұл жағдайда кез келген химиялық тотықсыздандырғыштың қолдану қажеттілігі жоғалады.  $AgNO_3$ ,  $CuBr_2$  ерітінділерімен суланған полимерлерде күн сәулесінің әсерінен сәйкесінше күміс және мыс моноқосылыстары түзіледі. Бұл процестер полимердің соңғы молекулаларының қатысуымен жүреді, сонымен қатар химиялық тотықсыздандырғыштарды қажет етпейді. Сонымен қатар, мыс галогенидтерін аскорбин қышқылының қатысуымен фотохимиялық реакция арқылы элементтік мыс бөлшектеріне айналдыруға болатыны анықталды. Күн сәулесінің көмегімен фотохимиялық белсендіруді қолдана отырып, полимерлерді металдандыру мысалдары келтірілген.

**Түйін сөздер:** полиэтилен, беттік фото белсендіру, дисперсті бөлшектер, полимерлерді металдандыру.

### Кіріспе

Металданған полимерлерді электр техникада және электроникада, автомобиль және машина жасау өндірісінде, оргтехника және компьютердің бөлшек бұйымдарын жасауда, және тағы басқа салаларда кеңінен қолданылады [1]. Металдандыру арқасында полимердің кейбір қасиеттері, мысалы жеңіл салмақ, конструкциялық икемділігі және төмен өндіріс шығыны, металдарға тән жоғары электр өткізгіштік, қаттылық сияқты қасиеттерді қосу арқылы байытылады. Заманауи өндірістерде коррозияға төзімді, жеңіл бұйымдарға деген сұраныс күн санап артуда. Металданған полимерден жасалған бұйымдар металдан жасалған бұйымдарға қарағанда 4-9 есе аз [2]. Полимерлердің көптеген түрлерін соның ішінде полиэтиленді де металдауға болады.

Полимерлерді металдандырудың ең қолжетімді және қолайлы тәсілі ерітінділердегі химиялық металдандыру болып табылады. Химиялық металдандыру алдында полимерлердің бетін белсендірудің әр түрлі тәсілдері бар. Метал қабатының сапасына тікелей әсер ететін негізгі қадамның бірі болып табылатын белсендіру әдісі полимер бетін каталитикалық атомдармен жабу. Біз білетін классикалық және жалпы қабылданған белсендіру әдісі катализатор палладий кластерін қолдана отырып, полимерді екі валентті қалайы хлориді және палладий хлориді бар ерітіндіге батыру арқылы сенсбилизациялап белсендіру әдісі [3]. Бірақ бұл әдістің бірқатар кемшіліктері: 1) қалайының жоғары улылығы; 2) қолданылатын ерітінділердің жанама реакциялар әсерінен тұрақсыздығы; 3) гальваникалық қаптаманың адгезиясының бұзылуы сияқты көптеген мәселелері коммерцияландыру кезінде маңызды мәселелер болып табылады. Соңғы жылдары палладий құны өсті, бұл химиялық металдандыру әдісінің құнына әсер етеді. Сондықтан полимерлерді металдандыру құнын төмендету үшін полимер бетін палладисіз белсендіру әдісі өте маңызды болуда.

Қымбат палладий қосылыстарын қолданбайтын полимер бетін белсендіру үшін мыс (немесе никель) иондарының тотықсыздануына негізделген бірқатар әдіс ұсынылған.



Қымбат палладий қосылыстарын пайдаланбай диэлектриктердің бетін белсендіру үшін мыс (немесе никель) иондарының тотықсыздануына негізделген бірқатар әдістер ұсынылған [4,5]. Сұйық фазалық тотықсыздандырығыштар ретінде бұл әдістерде мыс сульфаты мен диметиламиноборан, натрий цитраты мен натрий гипофосфаты қолдану ұсынылған. Дегенмен белсендіргіш ретінде ұсынылған ерітінділер күрделі құрамға ие және процестері көп сатылы.

Келесі әдісте полимерді [6] белсендіру үшін құрамында бір валентті мыс хлориді, тұз қышқылы, диметилформамид, смола-анионит АСД-4-5п, аминопропилтриэтоксисилан АГМ-9 бар ерітінді қолданылады, сонымен қатар белсендірілген полимерді 40°C температурада 5 минут, содан 90°C температурада 5 минут екі сатылы кептіру ұсынылады.

Мыстың тұндыруын лазермен индукцияланған химиялық сұйық фазалық тұндыру [7,8] арқылы қол жеткізілгені хабарланады. Бұл әдісте Cu (0) әр түрлі лазерлік сәулелену көмегімен полимер бетінде қалыптастырылады, содан кейін Cu электрохимиялық тұндырылады.

Әдебиеттерде никельмен де белсендіру [9] туралы айтылады. Бірақ ол қымбат жабдықты және күрделі сатыларды қажет етеді.

Полимер микросфераларының бетіне мыс, күміс және алтын нанобөлшектерін тұндыру фотохимиялық әдіспен [10,11] жүзеге асырылған. Алайда металдардың нанобөлшектерін сорбциялау орталықтарының функцияларын орындай отырып, полимерлердің микросфераларының беттері соңғысын тұрақты дисперсиялар түрінде алу мүмкіндігін қамтамасыз ететіні атап өтілді. Дегенмен, метал қаптамаларын алу үшін осы процестің қолдану мүмкіндіктері қарастырылмаған. Бұл мақалада полимер бетінің белсенділігін арттыру үшін палладий қосылыстарын қолданбайтын бетті белсендірудің қарапайым және тиімді әдісін ұсынамыз.

#### **Эксперимент әдісі**

Зерттеу үшін төмен қысымды полиэтиленнен (маркасы ПНД 273-83 «ПолимерИнвест» Ресей) жасалған пластиналар қолданылды. Фотохимиялық процестердің барысын визуалды бақылауды қамтамасыз ету үшін үлгілер ашық түсті материалдар таңдалды. Полиэтилен пластиналарын бетін өңдеу үшін ацетонмен майсыздандырылды және 65°C температурада  $\text{CrO}_3$  – 700 г/л;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  -800 г/л ерітіндісінде 3-5 минутта өңделді. Бұл ерітінділерде полиэтилен пластинасын өңдеген кезде полиэтилен пластинасының бетінде кедір бұдыр пайда болады [12].

Фотохимиялық зерттеулер ғылыми зертханалық бөлмеде жүргізілді. Терезе әйнектеріне енетін күн сәулесінің ағынының тығыздығы SM 206-Solar күн сәулесінің өлшегішімен анықталды және көрсеткіші 800-1000 Вт/м<sup>2</sup> құрады [13]. Полимер бетінде сорбциялық қабат түзілуі үшін полимер үлгіні тиісті тұз ерітінділеріне бірнеше минутқа батыру арқылы ылғалдандырылды. Осы орайда фотохимиялық реакциялар үшін келесі суда еритін тұздар қолданылды:  $\text{AuCl}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CuBr}_2$  (химиялық таза 99,9% СИБПРОЕКТ Ресей).

Қабықшалардың құрылымы мен құрамын зерттеу JSM-6490-LV растрлық электронды микроскопында жүргізілді. Құрылғы ондаған нанометрлік бөлшектердің электронды бейнесін, элементтердің құрамын және қабықшаның беткі қабаттарындағы элементтердің пайызын алуға мүмкіндік береді.

Белсендірілген полимер бетіне электрөткізгіш қабықша жағу үшін электролиттегі химиялық мыстау және гальваникалық никелдеу процестері үшін де жарамдылығы сыналды (г/л) [12]:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  – 12;  
Трилон Б – 25;  
NaOH – рН 12-ге дейін;  
НСОН – 25 мл.  
Температура 18-25°C.

Гальваникалық мыстау күкірт қышқыл электролитте жүргізілді (г/л):

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  – 60;  
 $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 100;  
Температура 20-40  
Ток тығыздығы, А/дм<sup>2</sup> 0,5-1,0

## Эксперименттік нәтижелер

### Алтын бөлшектерін қолдану арқылы фотохимиялық белсендіру

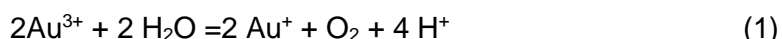
Алтын ең қымбат металдардың бірі болғанымен, оның қосылыстарын диэлектрлік материалдардың бетін белсендіру үшін қолданудың кейбір жағдайларлы техникалық әдебиеттерде келтірілген [14]. Сонымен, жұмыста полимер бетін тікелей белсендіру үшін каталитикалық белсенді қышқыл (иондық) алтын ерітінділерін қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Осы орайда алтынның ерітінділерінен фотохимиялық тотықсыздануын қолдану, оны жүзеге асырудың қарапайымдылығына және химиялық тотықсыздандырғыштың қажеттілігінің болмауына байланысты қызығушылық тудыруда.

Алтын қабықшаларын қолдану бойынша эксперименттер жүргізу үшін полиэтилен үлгісін 10 г/л  $\text{AuCl}_3$  ерітіндісіне 2-3 минутқа батырылды.

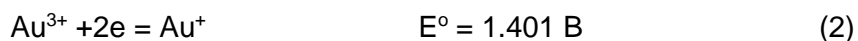
Толық көптіру кезінде үлгінің бетінде әр түрлі тотықсыздандырғыш тұз ерітінділері көмегімен алынған элементтік алтынға тән қара түсті қабықша пайда болды.

Алтын қабықшасының түзілу механизмі келесідей түсіндіріледі.

$\text{AuCl}_3$  сулы ерітіндісінен тұратын сорбциялық қабатта келесі тепе-теңдік орын алады [15]:



Термодинамикалық тұрғыдан су молекулаларының үш валентті алтынмен тотығуы мүмкін, себебі реакцияның стандартты потенциалы



Стандартты реакция потенциалына қарағанда оң



Сорбциялық қабат құрғаған сайын  $\text{AuCl}_3$  концентрациясының жоғарылауы байқалады, содан үш валентті алтынның тотықтырғыш қабілетін күшейтеді. Сонда осы ортада ерімейтін моновалентті алтынның пайда болуына әкелетін 1-реакцияның пайда болу мүмкіндігі жеңілдейді. Бұл реакция күн сәулесімен ынталандырылуы мүмкін, өйткені қараңғыда бұл реакция жүрмейді немесе өте баяу жүреді.

Сонымен қатар, 1 реакцияның жүруіне сорбциялық қабаттың кристалдану орталықтары болып табылатын қатты фазалы бетпен жанасуы ықпал етуі тиіс, бұл  $\text{AuCl}$  қатты фазалы қабатының пайда болуын жеңілдетеді.

Моновалентті алтын хлориді жартылай өткізгіштік қасиетке ие, сондықтан жарықтың әсерінен фотохимиялық реакция жүруі мүмкін болады.



Сонда жалпы реакция келесідей болады:



Алынған алтын бөлшектерінің фотохимиялық қабықшасының химиялық металдандыруға жарамдылығы полимерді металдандыру бойынша зертханалық тәжірибелермен тексерілді. 1 суретте полиэтилен үлгісі алтынмен белсендірілген (1а), содан кейін химиялық мыс қаптамасымен қапталды (1б). Алынған қаптама қара түсті болды, себебі алынған химиялық мыс алтынның аморфты құрылымын жалғастыратынын көрсетеді. Бірақ сонымен бірге электр өткізгіштігі жоғары, ары қарай гальваникалық мыспен (1в) қаптауға мүмкіндік береді.



1 сурет – а) Алтын бөлшектерімен белсендірілген б) химиялық және в) гальваникалық мыстаудан кейінгі полиэтилен

### Күміс бөлшектерін қолдану арқылы фотохимиялық белсендіру

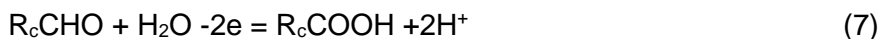
Күміс химиялық мыстауда оңай тотықсызданатын метал – катализаторына жатады, сондықтан белсендіру үшін әртүрлі палладисіз құрамда жиі қолданылады. Осыған орай күміс нитратының полиэтиленнің кедір-бұдырланған өнімдерімен әрекеттесу процесі элементтік күміс түзу үшін пайдалы.

Күн сәулесінің электромагниттік толқындар әсеріне ұшыраған кезде келесі реакциялар жүреді.

Күміс иондарының тотықсыздануы



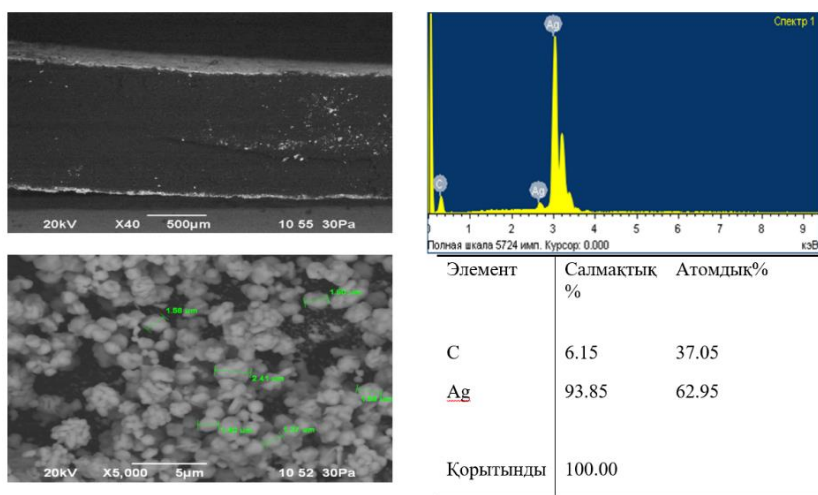
Альдегид тобының тотығу реакциясын ашық таутомер түрінде келесі теңдеу арқылы көрсетуге болады.



Мұндағы  $\text{R}_c$  полиэтиленнің тотығуға ұшырамаған бөлігі  
Онда жалпы реакция келесідей болады

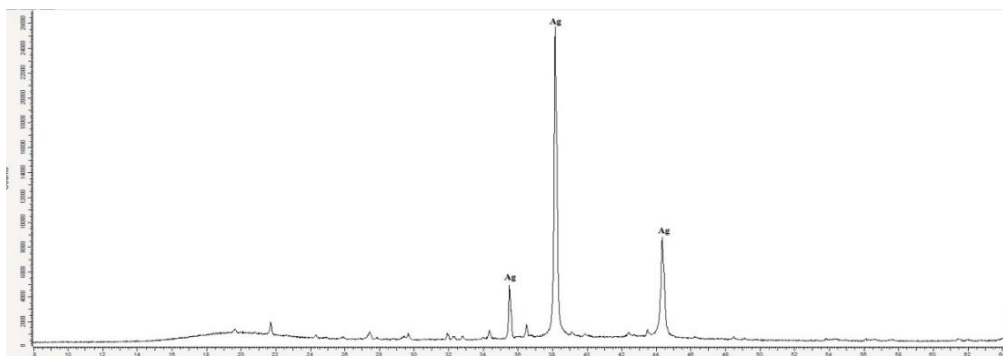


Мұндай күміс қабықшасының пайда болуын SEM суреттерінен де көруге болады (2-сурет).



2 сурет – Күміс қабықшасының элементтік және бүйір бөлігі

Күміс қабықшасының пайда болуы 3-суретте үлгі бетінің рентгенді фазалық талдау деректерімен де расталады, мұнда бастапқы полимерді құрайтын элементтердің шыңдарынан басқа метал күмістің шыңдары пайда болады.



3 сурет – Полиэтилен бетінің рентгенофазалық талдау

### Мыс бөлшектерін қолдану арқылы фотохимиялық белсендіру

Зерттеулер дихлоридпен салыстырғанда жоғары тотығу потенциалы бар мыс дибромидін қолдану арқылы жүргізілді (сәйкесінше 0,66В және 0,55В).

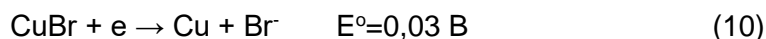
Алдымен  $\text{CuBr}_2$  ерітіндісімен суланған полиэтилен бетінде күн сәулесінің әсерінен келесі процестер жүреді:

- полиэтиленнің беткі қабатындағы ерітіндіден судың булануы мыс бромидінің концентрациясының жоғарылауына әкеледі;
- екі бромды мыстың полиэтиленмен әрекеттесуі бір бромды мыс (жарыққа сезімтал бинарлы жартылай өткізгіш) түзеді;
- бетіндегі сулы қабаттың толық кебуі элементтік мыс және мыс дибромиді түзіле отырып, фото ыдырауына әкеледі.

Жалпы реакция келесідей болады

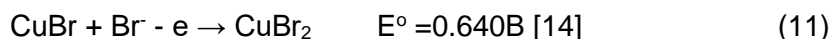


Бір валентті мыс бромиді жарыққа сезімтал бинарлы жартылай өткізгіш болып табылады, сондықтан күн сәулесінің электромагниттік сәулелерінің фотондарына ұшыраған кезде электрондардың бір бөлігі өткізгіштік аймаққа өтіп, бір валентті тотықсыздандыру қабілетіне ие болады.



мұндағы  $E^\circ$  – берілген жүйенің стандартты тепе теңдік потенциалы

осыдан кейін жартылай өткізгіште бос орындар қалады, олар үшін тек  $\text{CuBr}$  ғана электронды донор бола алады (бұл жүйеде басқа электрон көздері жоқ).



Бұл жағдайда фотохимиялық реакция жүреді.



Сонымен бірге  $\text{CuBr}_2$  беткі қабық құрғаған кезде, кристалданады және белсенділігін жоғалтады, бұл 12 реакцияның жүруіне ықпал ететін қосымша фактор болып табылады.

Бұл жағдайда пайда болған мыс бөлшектері қабықшаға әр түрлі тотықсыздандырғыштардың көмегімен тұз ерітінділерінен алынған металдарға тән қара түс береді.

Осылайша, күн сәулесі мыс бромидінің беткі қабатына әсер еткенде, мыс және  $\text{CuBr}_2$  бөлшектерінен тұратын қабықшалар пайда болады. Бұл жүйе су болмаған кезде ғана тұрақты болады, себебі судың қатысуымен кері реакция термодинамикалық түрде жүреді.



Бұл жағдайда полимерді сулы ерітінділермен одан әрі өңдеуге мүмкіндік бермейді.  $\text{CuBr}_2$  түзілуі 12 реакцияның жүруімен байланысты, сондықтан реакциялық ортаға бір бромды мысқа қарағанда донорлық қабілеті жоғары реагент қосу қажет. біздің тәжірибелеріміз көрсеткендей, мұндай тотықсыздандырғыш – бұл дегидроаскорбин қышқылына дейін тотығатын аскорбин қышқылы.

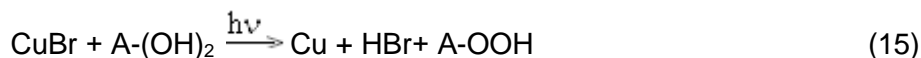
Аскорбин қышқылы – дегидроаскорбин қышқылы жүйесінің тотығу-тотықсыздану потенциалы рН 0-ден 7-ге дейін жоғарылағанда -0,329В-тан -0,057В-қа дейін өзгереді. Сонымен қатар, бұл жүйе электрохимиялық инертті болып табылады және тотығу-тотықсыздану қасиеттерін көрсету үшін «электрод катализаторларын» қосу керек. Шынында да, эксперименттер  $\text{CuBr}_2$  -100г/л,  $\text{A}-(\text{OH})_2$  -100 г/л ерітіндісімен суланған және қараңғыда кептірілген полиэтиленде химиялық өзгерудің іздері көрінбейді. Сонымен қатар, осы үлгілерді күн сәулесінің әсерімен кептіргенде металдың дисперсті бөлшектеріне тән қара түсті қабықшамен қапталады. Сонымен бірге егер үлгі бетінде жеке аймақты шайбамен күн сәулесінен қорғасақ онда сол қолғалған аймақта өзгеріссіз қалады. Демек күн сәулесінен

аскорбин қышқылы белсендіріліп,  $\text{CuBr} \rightarrow \text{Cu}$  өтуіне ықпал етеді. Сонда реакция 11 реакцияның орнына жүреді.



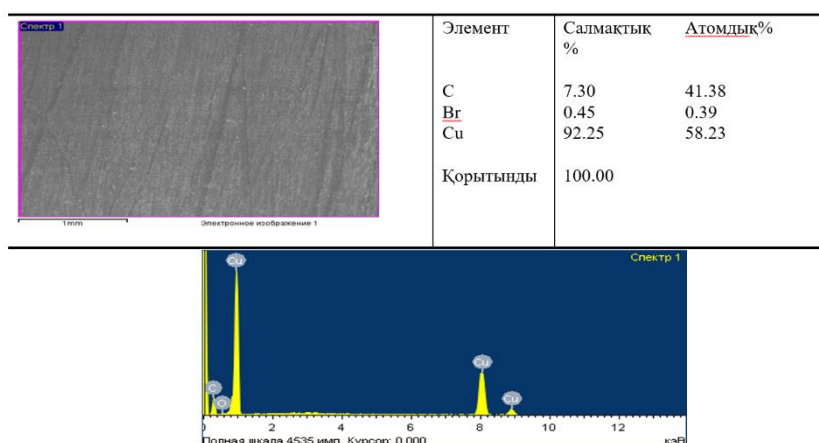
**Мұндағы А аскорбин қышқылының өзгермейтін бөлігі.**

Ал жалпы фотохимиялық реакция келесідей болады:



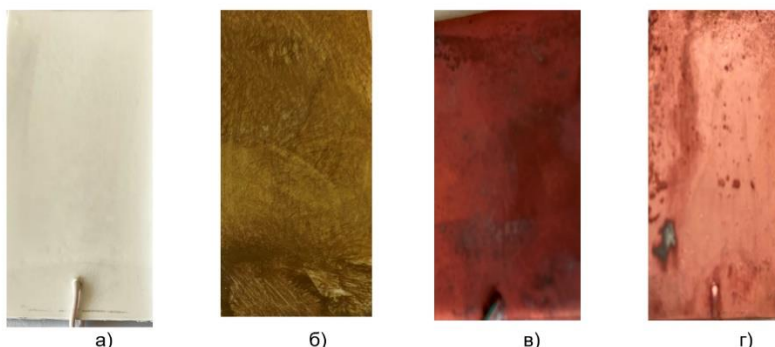
$\text{A}(\text{OH})_2$  және  $\text{A}(\text{OON})$  жуу барысында жуылып кетеді. Демек,  $\text{A}(\text{OH})_2$   $\text{CuBr}_2$  түзілуіне жол бермей, полимер бетінде элементтік мыс бөлшектері бар қабықшаның сақталып қалуына ықпал етеді.

Осылайша, полиэтилен бетінде элементтік мыс бар қабықша қалады. Бұл қабықшаны химиялық мыс активаторы ретінде пайдалануға болады.



4 Сурет – Мыс бромиді мен аскорбин қышқылының ерітінділерін қолдана отырып, фотоактивациядан кейінгі полиэтилен үлгісінің SEM кескіні, спектрлері және элементтік құрамы

SEM суретінде метал бөлшектеріне тән бөліктер бар екендігі айқын көрінеді. Элементтік құрам қабықшаның беткі қабатындағы бром мөлшерінен мыс мөлшері едәуір көп екенін көрсетуде. Демек, мыстың негізгі бөлігі элемент түрінде және мыс бромидінің құрамында аз ғана бөлігі орналасқан.



5 Сурет – Әр түрлі операциядан кейін полиэтилен үлгілерінің фотосуреттері  
Белгілеулер: а) бастапқы үлгі б) фотохимиялық белсендіруден кейін  
в) химиялық мыстаудан кейін г) гальваникалық мыстаудан кейінгі полиэтилен

### Қорытындылар

Ерітінділердің сорбциялық қабықшасының жұқа қабаттарында процесті жүргізу күн сәулесінің электромагниттік толқындарының полимердің бетіне енуіне ықпал етеді, оның жеке

компоненттерінің фотототығын тудырады. Мұндай компоненттер полиэтиленді кедір бұдырландыру процестерінде пайда болатын қанықпаған қосылыстар болуы мүмкін. Мыс топшасы қосылыстарының тотығу қабілеті  $Cu < Ag < Au$  қатарымен артады, бұл олардың стандартты потенциалдарының мәндеріне сәйкес келеді.

Бұл жағдайда алтынды тотықсыздандыру кез келген химиялық тотықсыздандырғыштардың қатысуынсыз жүруі мүмкін. Күмістің тотықсыздануы тотықсыздану қасиеттері бар полимер молекулаларының қатысуымен жүруі мүмкін. Бұл жағдайда екі валентті мыс жарыққа сезімтал бинарлы жартылай өткізгіш болып табылатын қатты фазалы моновалентті мыс галогенидін құрайды. Осы орайда аскорбин қышқылымен қосымша фотохимиялық өңдеуден кейін бірвалентті мыс галогениді де элементтік мыс түзеді. Осы процестерде алынған металдардың беттік бөлшектері полимер бетін белсендіреді және полимердің металдандыруына мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер тізімі

1. LCA to evaluate the environmental impact for chemical pre-treatment in plastics metallization / R. Vidal et al // *J. Polym. Environ.* – 2017. – Vol. 25. – P. 961-972.
2. Влияние состава активизирующих растворов на качество металлического покрытия АБС-пластика / С.С. Попова и др. // *Вестник СГТУ.* – 2012. – № 1(67). – P. 86-91.
3. Synthesis of new chitosan derivatives and combination with biodegradable polymer / Y. Omura et al // *Polym Adv Technol.* – 2003. – 14. – P. 35-9.
4. Zengnian Sh. Environment-friendly Pd free surface activation technics for ABS surface / Zengnian Shu, Xu Wang // *Applied Surface Science.* – 2012. – 258. – P. 5328-5331.
5. Xuejiao T. A new palladium-free surface activation process for Ni electroless plating on ABS plastic / Xuejiao Tang et al // *Materials Letters.* – 2009. – 63. – P. 840-842.
6. Пат. RU2588918C1, МПК C23C 18/30(2006.01), H05K 3/18(2006.01). Способ беспалладиевой активации поверхности пластика / Финаенов А.И., Закирова С.М., Ракметулина Л.А., Краснов В.В., Неверная О.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Саратовский гос. тех. унив-т им. Гагарина Ю.А.»; заявл. 03.12.14; опубл.10.07.16, Бюл. № 19. – 6 с.
7. Laser-assisted metal deposition from liquid-phase precursors on polymers / K. Kordás et al // *Applied Surface Science.* – 2001. – № 172. – P. 178-189.
8. Wang X.C. Laser induced copper electroless plating on polyimide with Q-switch Nd:YAG laser / X.C. Wang, H.Y. Zheng, G.C. Lim // *Applied Surface Science.* – 2002. – № 200. – P. 165-171.
9. Charbonnier M. Surf Coat Technol. / M. Charbonnier, M. Romand, Y. Goepfert – 2006. – № 200. – P. 5028-5036.
10. Бойцова Т. Методы получения наночастичных металлов / Т. Бойцова, Е. Волкова // *Соросовский журнал.* – 2005. – № 9. – С. 1-6.
11. Sirotinkin, Investigation of the processes of photochemical formation of silver nanoparticles in elastomeric films / E. Isaeva et al // *Journal of General Chemistry.* – 2006. – № 76. – P. 723-729.
12. Гамбург Ю.Д. «Гальванические покрытия». Справочник по применению /Ю.Д. Гамбург. – М., Техносфера, 2006. – 215 с.
13. Melnikov V. Renewable sources of energy. Teaching materials for people making decisions in Central Asian region / V. Melnikov // UNESCO. – 2011. – 225. Available at: <http://www.unesco.org/almaty>.
14. Капица М. Активация мощности диэлектрика. Технологии в электронной промышленности. / М. Капица. – 2005. – № 5. – С. 22-25.
15. Applying metal coatings to dielectric materials by photochemical processes / Sh. Koshkarbaeva et al // *Int. J. Chem. React. Eng.* – 2022. – P. 1-7.

### References

1. LCA to evaluate the environmental impact for chemical pre-treatment in plastics metallization / R. Vidal et al // *J. Polym. Environ.* – 2017. – Vol. 25. – R. 961-972. (In English).
2. Vliyanie sostava aktiviruyushchikh rastvorov na kachestvo metallichesкого pokrytiya ABS-plastika / S.S. Popova i dr. // *Vestnik SGTU.* – 2012. – № 1(67). – R. 86-91. (In Russian).

3. Synthesis of new chitosan derivatives and combination with biodegradable polymer / Y. Omura et al // Polym Adv Technol. – 2003. – 14. – R. 35-9. (In English).
4. Zengnian Sh. Environment-friendly Pd free surface activation technics for ABS surface / Zengnian Shu, Xu Wang // Applied Surface Science. – 2012. – 258. – R. 5328-5331. (In English).
5. Xuejiao T. A new palladium-free surface activation process for Ni electroless plating on ABS plastic / Xuejiao Tang et al // Materials Letters. – 2009. – 63. – R. 840-842. (In English).
6. Pat. RU2588918C1, MPK C23C 18/30(2006.01), H05K 3/18(2006.01). Sposob bespalladievoi aktivatsii poverkhnosti plastika / Finaenov A.I., Zakirova S.M., Rakmetulina L.A., Krasnov V.V., Nevernaya O.G.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOUVPO «Saratovskii gos. tekhn. univ-t im. Gagarina YU.A.»; zayavl. 03.12.14; opubl.10.07.16, Byul. № 19. – 6 s. (In Russian).
7. Laser-assisted metal deposition from liquid-phase precursors on polymers / K. Kordás et al // Applied Surface Science. – 2001. – № 172. – R. 178-189. (In English).
8. Wang X.C. Laser induced copper electroless plating on polyimide with Q-switch Nd:YAG laser / X.C. Wang, H.Y. Zheng, G.C. Lim // Applied Surface Science. – 2002. – № 200. – R. 165-171. (In English).
9. Charbonnier M. Surf Coat Technol. / M. Charbonnier, M. Romand, Y. Goepfert – 2006. – № 200. – R. 5028-5036. (In English).
10. Boitsova T. Metody polucheniya nanochastichnykh metallov / T. Boitsova, E. Volkova // Sorosovskii zhurnal. – 2005. – № 9. – S. 1-6. (In Russian).
11. Sirotinkin, Investigation of the processes of photochemical formation of silver nanoparticles in elastomeric films / E. Isaeva et al // Journal of General Chemistry. – 2006. – № 76. – R. 723-729. (In English).
12. Gamburg YU.D. «Gal'vanicheskie pokrytiYA». Spravochnik po primeneniyu / YU.D. Gamburg. – M., Tekhnosfera, 2006. – 215 s. (In Russian).
13. Melnikov V. Renewable sources of energy. Teaching materials for people making decisions in Central Asian region / V. Melnikov // UNESCO. – 2011. – 225. Available at: <http://www.unesco.org/almaty>. (In English).
14. Kapitsa M. Aktivatsiya moshchnosti dielektrika. Tekhnologii v ehlektronnoi promyshlennosti. / M. Kapitsa. – 2005. – № 5. – S. 22-25. (In Russian).
15. Applying metal coatings to dielectric materials by photochemical processes / Sh. Koshkarbaeva et al // Int. J. Chem. React. Eng. – 2022. – R. 1-7. (In English).

**Б.С. Серикбаева\*, М.С. Сатаев, Ш.Т. Кошкарбаева, Н.К. Сарыпбекова**

Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5

\*e-mail: sbagdash@bk.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНА**

*В последние пятьдесят лет процесс металлизации полимеров получил широкое распространение в технике. Металлизация полимеров заключается в получении нового функционального материала, скрывающего дефекты полимера под слоем металла. Улучшив ряд недостатков полимера, получен новый материал с другими особенностями, не свойственными полимеру и металлу. Благодаря новым свойствам металлизированные полимеры находят применение во многих областях (автомобилестроение, энергетика, электроника, морская, авиационная, космическая и др. в повседневной жизни).*

*В данной статье изучены фотохимические процессы в тонких сорбционных пленках растворов соединений элементов подгруппы меди, приводящие к образованию дисперсных металлических частиц полимеров. Показано, что дисперсные частицы элементарного золота образуются в полимерах, помещенных в раствор  $AuCl_3$  и подвергнутых воздействию солнечного света. В этом случае отпадает необходимость использовать какой-либо химический восстановитель. Моносоединения серебра и меди образуются соответственно под действием солнечного света в полимерах, смоченных растворами  $AgNO_3$ ,  $CuBr_2$ . Эти процессы происходят при участии последних молекул полимера, а также не требуют химических окислителей. Кроме того, было обнаружено, что галогениды меди можно превращать в частицы элементарной меди путем фотохимической реакции в присутствии аскорбиновой кислоты. Приведены примеры металлизации полимеров с использованием фотохимической активации солнечным светом.*

**B.S. Serikbaeva\*, M.S. Sataev, Sh.T. Koshkarbaeva, N.K. Sarypbekova**  
M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 5 Tauke khan avenue  
\*e-mail: sbagdash@bk.ru

## ПОЛИЭТИЛЕНДІ МЕТАЛДАНДЫРУ ҮШІН ФОТОХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ҚОЛДАНУ

*In the last fifty years, the process of metallization of polymers has become widespread in technology. Metallization of polymers involves obtaining a new functional material that hides polymer defects under a metal layer. Having improved a number of disadvantages of the polymer, a new material was obtained with other features not characteristic of polymer and metal. Thanks to their new properties, metallized polymers are used in many areas (automotive, energy, electronics, marine, aviation, space, etc. in everyday life).*

*This article studies photochemical processes in thin sorption films of solutions of compounds of elements of the copper subgroup, leading to the formation of dispersed metal particles of polymers. It has been shown that dispersed particles of elemental gold are formed in polymers placed in an AuCl<sub>3</sub> solution and exposed to sunlight. In this case, there is no need to use any chemical reducing agent. Silver and copper mono connections are formed, respectively, under the influence of sunlight in polymers wetted with solutions of AgNO<sub>3</sub>, CuBr<sub>2</sub>. These processes occur with the participation of the last polymer molecules and do not require chemical oxidizing agents. In addition, it was discovered that copper halides can be converted into elemental copper particles by a photochemical reaction in the presence of ascorbic acid. Examples of metallization of polymers using photochemical activation by sunlight are given.*

### Авторлар туралы мәліметтер

**Багдагуль Садуехасовна Серикбаева\*** – «Бейорганикалық және мұнай-химия өнеркәсіптерінің технологиясы» кафедрасының PhD докторанты, Шымкент қаласының М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: sbagdash@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

**Малик Свамбаевич Сатаев** – т.ғ.д., «Бейорганикалық және мұнай-химия өнеркәсіптерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, Шымкент қаласының М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: malik\_1943@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.

**Шайзада Тортаевна Кошкарбаева** – т.ғ.к., «Бейорганикалық және мұнай-химия өнеркәсіптерінің технологиясы» кафедрасының доценті, Шымкент қаласының М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: shayzada-1968@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

**Нурсулу Кошеновна Сарыпбекова** – х.ғ.к., «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасы доценті, Шымкент қаласының М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: Nurislam\_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

### Сведения об авторах

**Багдагуль Садуэхасовна Серикбаева\*** – докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова г. Шымкент; e-mail: sbagdash@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

**Малик Свамбаевич Сатаев** – к.т.н., профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», г. Шымкент. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова; e-mail: malik\_1943@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.

**Шайзада Тортаевна Кошкарбаева** – к.т.н., доцент кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств», М. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова г. Шымкент; e-mail: shayzada-1968@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

**Нурсулу Кошеновна Сарыпбекова** – к.х.н., доцент кафедры «Химия и фармацевтическая инженерия», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова г. Шымкент; e-mail: Nurislam\_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

### Information about the authors

**Bagdagul Saduekhasovna Serikbaeva\*** – doctoral student of the Department of «Technology of Inorganic and Petrochemical Production», M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent; e-mail: sbagdash@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

**Malik Svambayevich Sataev** – candidate of technical sciences, professor of the department of «Technology of inorganic and petrochemical production», M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent; e-mail: malik\_1943@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.



**Shayzada Tortaevna Koshkarbaeva** – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Technology of inorganic and petrochemical production», M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent; e-mail: shayzada-1968@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

**Nursulu Koshenovna Sarypbekova** – PhD, Associate Professor of the Department of «Chemistry and Pharmaceutical Engineering», M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent; e-mail: Nurislam\_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

Редакцияға енуі 25.01.2024

Өңдеуден кейін түсуі 16.03.2024

Жариялауға қабылданды 07.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-66

MPHTI: 61.31.41



**С.Т. Тлеуова, А.С.Тлеуов, Д.Т. Пазылова\*, Н.Т. Сагиндикова, Ж.А. Туришбеков**  
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5  
\*e-mail: danapazyl@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА АГЛОМЕРАЦИИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕФТЯНОГО КОКСА

**Аннотация:** В статье приведены результаты физико-химических и термодинамических исследований использования нефтяного кокса, полученного из отходов нефтепереработки, для использования в агломерации фосфатного сырья в качестве топлива.

С использованием метода тонкослойной хроматографии и ИК-спектроскопии определены группы органических соединений в составе тяжелых отходов, используемых для медленного коксования нефтяного кокса. Полученные результаты анализа тяжелых нефтяных отходов показали высокое содержание сильных ароматических групп 35,1-54,1%, смоляных групп 12,0-25,7%, парафиновых групп 3,0-41,4%. Все эти показатели свидетельствуют о пригодности тяжелых нефтяных отходов для получения нефтяного кокса.

С использованием растрового электронного микроскопа JSM-6490LV идентифицирован поэлементный состав и микроструктура полученного нефтяного кокса, который содержит С-78,56%, Те-4,05%, Al-12,14%, Si-1,18%.

Приведены результаты термодинамических исследований реакций, характерных агломерационному обжигу рабочей смеси состава фосфорит – фосфато-кремнистый сланец – нефтекокс, выполнены с использованием программного комплекса HSC-5.1 Chemistry разработанного Outokumpu Research Oy. Результаты расчета изменения энергии Гиббса от температуры реакций декарбонизации свидетельствуют о термодинамической вероятности протекания всех исследуемых реакций в высокотемпературной области. Причем вероятность протекания реакций 5,6 возможна только выше 1200К. Термодинамическое моделирование декарбонизации рабочих систем  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_6 - \text{O}_2$  и  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5\text{O} - \text{O}_2$  выполнены в температурном интервале 500-1500К и давлениях 0,1-0,01МПа, характерные для агломерационного процесса с использованием программного комплекса «Астра-4».

Результаты графических зависимостей равновесного распределения основных компонентов кальция и углерода в зависимости от температуры и давления носят одноподобный характер. Причем по мере уменьшения давления возможность образования  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$  на 100К перемещается в низкотемпературную область.

**Ключевые слова:** агломерация, нефтяной кокс, термодинамика, коксование, пиролиз, фосфато-кремнистый сланец, энергия Гиббса, газовая фаза.

### Введение

На предприятиях фосфорной промышленности для получения желтого фосфора используются кусковые фосфориты размером более 8мм. Мелкие фракции менее 8 мм, образующиеся в процессе добычи фосфатного сырья и подготовки кусковой руды к

технологическому переделу, становятся непригодными в связи с нарушением газодинамического режима работы фосфорной печи при получении элементарного фосфора [1-4].

Для обеспечения необходимой газопроницаемости агломерационной шихты и снижения вероятности ее спекания на верхних горизонтах фосфорной печи они предварительно должны быть превращены в кусковой материал размером не менее 5-50 мм. Кроме того, он не должен содержать вредных примесей: влаги, карбонатов, смолистых веществ и др. [5-10].

По данным [3] выход мелких фракций добываемого сырья на рудниках составляет около 35-44%. В этой связи важной экономической и экологической задачей является вовлечение в электротермию фосфора мелких фракций фосфатного сырья, добываемых в Каратауских рудниках с целью их наиболее полного и рационального использования. Решение этой проблемы связано с совершенствованием существующих методов термической подготовки сырья.

Качество сырья для получения нефтяного кокса оказывает первостепенное влияние на характеристики конечного продукта – нефтяного кокса. Производство кокса в СНГ осуществляется в основном на установках медленного коксования (УМК) [11-12].

Сырьем для коксования служат тяжелые фракции нефти, образующиеся при атмосферном и вакуумном восстановлении (мазута, полугудрона, гудрона), крекинг - отходы от термического крекинга гудронов с мазутами, тяжелые газойлы каталитического крекинга, отходы производства масла (асфальт пропановой деасфальтизации гудрона, экстракты фенольной очистки масел и др.).

Из всех нефтяных отходов, склонных к образованию различных коксовых структур, наиболее подходящими считаются ароматические концентраты (остаток крекинга дистиллята) и другие высокомолекулярные углеводороды [12-14].

Среди основных параметров, определяющих качество нефти, таких как плотность, фракционный и химический состав нефтепродуктов, наиболее важными являются плотность и сернистость.

Сера – одна из самых нежелательных примесей в сырой нефти и конечном продукте-коксе [12]. Поэтому уменьшение ее содержания в составе нефтяного кокса является одной из первостепенных задач.

### **Методы исследования**

Для определения группового состава тяжелых нефтяных отходов и полученного кокса из них использовался метод тонкослойной хроматографии и ИК-спектроскопии на приборе SPECORD-IR-75. Определение микроструктуры и поэлементного состава продукта проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JSM- 6490LV.

Термодинамические исследования возможности протекания реакций проводились при помощи программного комплекса HSC-5.Chemistry, разработанного финской компанией Outokumpu.

Термодинамическое моделирование систем проводили с использованием программного комплекса «Астра – 4». Этот комплекс позволяет с помощью ЭВМ рассчитать более 20 параметров, в том числе состав газовой фазы. Основу данного комплекса составляет фундаментальный принцип максимума энтропии. Первоначальная информация представляется в виде количественного распределения веществ, с равновесным распределением элементов и соединений по продуктам взаимодействия.

Для повышения экономической эффективности процесса коксования нами проведены исследования по рациональному использованию сырья для производства нефтяного кокса, выбор условий ведения процесса, с прогнозированием качественных и количественных показателей.

### **Результаты исследований и обсуждение**

Для получения нефтяного кокса использовались тяжелые нефтяные отходы нефтеперерабатывающего завода, состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Групповой органический состав тяжелых нефтяных отходов

Углеводородная группа	Номера проб					Среднее содержание, % масс.	Среднеквадратические отклонения, %
	1	2	3	4	5		
Парафинонафтены	29,9	30,3	29,1	29,5	30,7	29,9	1,6
Слегка ароматный	3,1	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8
Средний ароматный	1,9	1,8	2,0	1,9	1,7	1,9	4,7
Сильно ароматный	44,2	45,1	45,9	44,8	45,5	45,1	1,1
Смолы I	6,1	5,8	5,6	5,7	5,3	5,7	3,5
Смолы II	10,6	10,3	10,4	10,9	10,0	10,4	2,4
Асфальтены	4,2	3,9	4,1	4,3	4,0	4,1	2,9

После процессов первичной и вторичной переработки нефти остается значительное количество тяжелых нефтяных отходов, не имеющих квалифицированного применения:

- тяжелый газойль каталитического крекинга (ТГКК);
- тяжелые смолы пиролиза (ТСП) из установок каталитического крекинга (КК);

Для предварительной оценки степени пригодности представленных нефтяных отходов проведено исследование их основных свойств как сырья для медленного коксования.

В таблице 2 представлены физико-химические свойства и групповой органический состав сырья для получения нефтяного кокса.

Таблица 2 – Физико-химические свойства и групповой органический состав коксового сырья

Индикаторы	ТСП	ТГКК	Гудрон
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,072	0,969	0,951
Коксование, % масс.	12,85	1,88	8,40
Содержание серы, % масс.	0,18	1,12	1,92
Зольность, % масс.	0,003	0,005	0,010
Групповой органический состав, % масс.			
Парафинонафтеновые	3,0	41,4	16,6
Слегка ароматные	1,6	3,4	13,2
Средний ароматные	1,9	1,9	6,6
Сильно ароматные	54,1	41,3	35,1
Смолы	25,7	12,0	25,2
Асфальтены	13,7	-	3,3

Исследуемые виды тяжелых нефтяных отходов отличаются друг от друга как по физико-химическим свойствам, так и по групповому органическому составу. Это обусловлено особенностями термических и каталитических процессов. Низкое содержание серы, высокая плотность, умеренное коксование тяжелой смолы пиролиза отвечают требованиям, предъявляемым к сырью для производства малосернистых видов кокса.

Каталитический крекинг характеризуется низким коксованием, средней серной генерацией, высокой плотностью, равным соотношением парафинно-нафтеновых углеводородов с сбалансированным групповым содержанием углеводородов с равным соотношением высоко конденсированных молекулярных структур (асфальтенов). При этом для получения малосернистого кокса рациональным является его использование, в качестве основного компонента смеси [12-14].

Проведен химический анализ полученного нефтяного кокса из тяжелых нефтяных отходов с анализом элементного состава данного продукта (табл. 3).

Таблица 3 – Химический состав кокса из тяжелых нефтяных отходов

№	Содержание компонента (% масс.)								
	Влажность	Летучие вещества	Зола	C	H	S	N	Cl	O
1	0,40	12,81	1,80	77,99	3,35	2,00	0,87	0,01	8,59
2	0,36	12,87	1,87	80,00	3,36	1,92	0,89	0,03	8,62
3	0,42	12,83	1,74	77,69	3,30	2,02	0,80	0,06	8,50
Ср.	0,39	12,84	1,80	78,56	3,34	1,98	0,85	0,03	8,57

Из данных таблицы 3 следует, что содержание углерода в исследуемом продукте составляет 77-80%, содержание серы 1,92-2,02%.

Результаты проведенного анализа микроструктуры и поэлементного состава нефтяного кокса, полученные на растровом электронном микроскопе показали хорошую сходимость содержания углерода в исследуемой пробе (рис. 1, табл. 4). Это подтверждается микроструктурой образца, в котором преобладающими минералами являются кристаллы углерода, темной продолговатой призматической структурой более 80%.

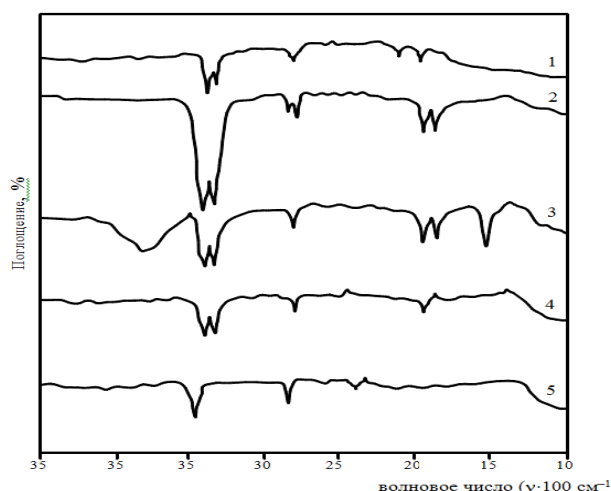


Рисунок 1 – Микроструктура нефтяного кокса из тяжелых нефтяных отходов (увеличение в 40 раз)

Таблица 4 – Поэлементный состав нефтяного кокса

Элемент	Масса, %
C	78,56
Si	1,18
Fe	4,05
Al	12,14

Органическую составляющую нефтяного кокса изучали с помощью ИК-спектрометрии. Результаты анализа спектров поглощения органических составляющих приведен на рисунке 2. Как видно из рисунка 2 на спектре 1 ( $R_f = 0,99$ ) наблюдаются три полосы поглощения при 1450, 2850 и 2926  $\text{см}^{-1}$ , характерных для нефтепродуктов. Остальные полосы поглощения не наблюдаются ни в области «отпечатка пальцев» (600-900  $\text{см}^{-1}$ ), ни в области «функциональных групп» (1500-1700  $\text{см}^{-1}$ ), ни в широкой области (3000-3600  $\text{см}^{-1}$ ).



- 1 – группа органических соединений 1 с  $R_f = 0,99$ ; 2 – группа органических соединений 2 с  $R_f = 0,92$ ;  
 3 – группа органических соединений 3 с  $R_f = 0,20$ ; 4 – группа органических соединений 4 с  $R_f = 0,10$ ;  
 5 – группа гидроксидных соединений 5

Рисунок 2 – ИК-спектры органических составляющих нефтекокса

Термодинамическую вероятность возможности протекания реакций, характерных агломерационному обжигу рабочей смеси состава – фосфорит – фосфато-кремнистый сланец – нефтекокс выполнены расчетом изменения энергии Гиббса, в области температур 400-1600К, с использованием программного комплекса HSC-5.1 Chemistry следующих реакций:

1.  $2K_3PO_4 + CaCO_3 + SiO_2 + C_4H_{10} + 4O_2 = CaSiO_3 + 3K_2O + P_2O_5 + 5CO + 5H_2O$
2.  $2K_3PO_4 + CaCO_3 + SiO_2 + C_6H_6 + 4O_2 = CaSiO_3 + 3K_2O + P_2O_5 + 7CO + 3H_2O$
3.  $2KAlO_2 + CaCO_3 + SiO_2 = K_2O + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + CO_{2(g)}$
4.  $2NaAlO_2 + CaCO_3 + SiO_2 = Na_2O + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + CO_{2(g)}$
5.  $2KAlO_2 + CaCO_3 + SiO_2 + C_4H_{10} + 6.5O_2 = K_2O + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + 5CO_{2(g)} + 5H_2O$
6.  $2KAlO_2 + CaCO_3 + SiO_2 + C_6H_6 + 7.5O_2 = K_2O + CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 + 7CO_{2(g)} + 3H_2O$

Анализ полученных графических зависимостей, реакций 1-2, характерных рабочей смеси, в исследуемой области 400-1600К, приведенный на рисунке 3 свидетельствует о термодинамической вероятности протекания реакций. Причем при повышении температуры, отрицательные значения изменения энергии Гиббса увеличиваются.

Анализ графических зависимостей изменения энергии Гиббса реакций 3-6 свидетельствует о термодинамической вероятности протекания, характеризующийся отрицательными значениями в исследуемой области температур (3-4 реакции). Причем, термодинамическая вероятность протекания реакции 3,4 предпочтительнее нежели реакции 5,6.

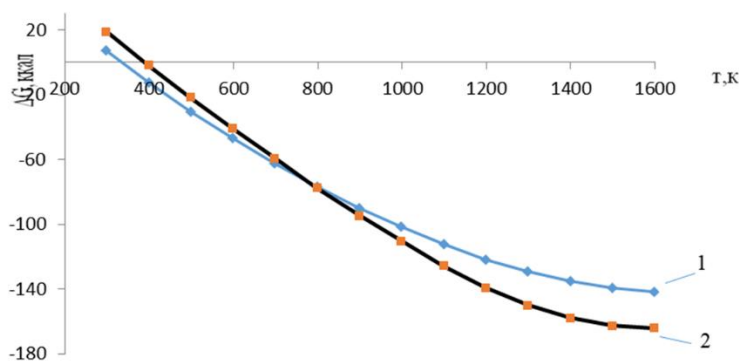


Рисунок 3 – Графическая зависимость изменения энергии Гиббса от температуры реакций 1-2

На рисунке 4 представлена графическая зависимость изменения значений энергии Гиббса от температуры реакции 3-6.

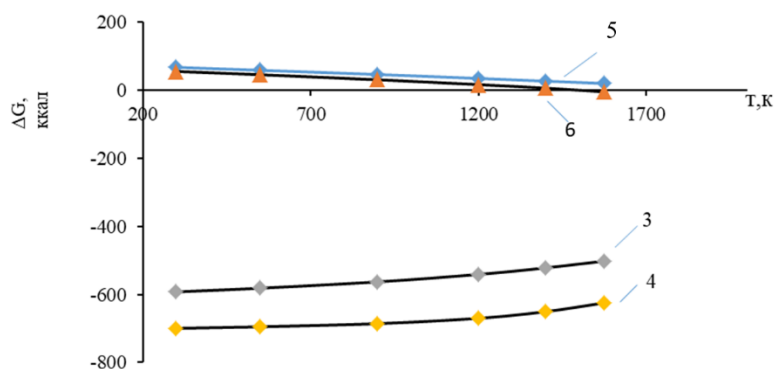


Рисунок 4 – Графическая зависимость изменения энергии Гиббса от температуры реакций 3-6

Учитывая химический состав нефтекокса и условия декарбонизационных процессов при агломерации фосфоритов проведено термодинамическое моделирование с использованием программного комплекса «Астра-4» взаимодействия в системах:



Распределение элементов и состав газовой фазы исследуемых систем (1-2) изучали в температурном интервале 500-1500К и давлениях (P) 0,1; 0,01 МПа, соответствующих реальным условиям агломерации.

Из результатов полученных расчетов данных следует, что в изучаемых системах в зависимости от температуры и давления присутствуют следующие элементы и соединения –  $\text{CaCO}_3$  (к),  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO}$  (к),  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{O}$ . Результаты равновесного распределения элементов кальция и углерода исследуемых системах приведены на рисунках 5,6.

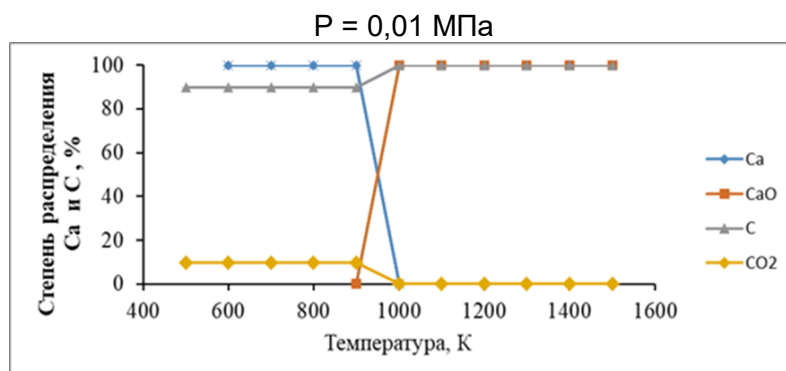


Рисунок 5 – Влияние температуры и давления на распределение Ca и C в системе  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_6 - \text{O}_2$  при P = 0,01 МПа

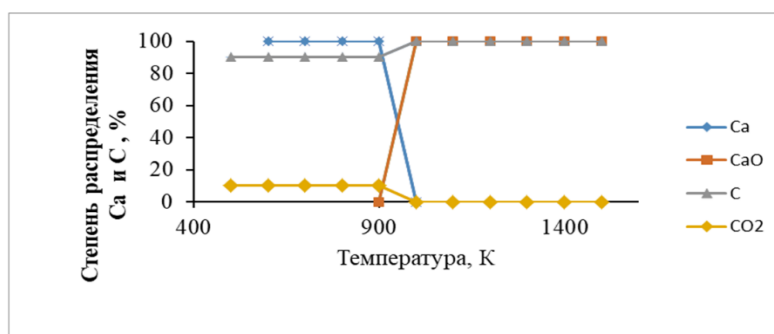


Рисунок 6 – Влияние температуры и давления на распределение углерода и кальция в системе  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5\text{O} - \text{O}_2$  при P = 0,1 МПа

Графическая зависимость равновесного распределения Ca и C в зависимости от температуры и давления носят одноподобный характер декарбонизационного процесса в исследуемых системах. Так, при P = 0,01 МПа декарбонизация  $\text{CaCO}_3$  начинается при T=1100К и достигает 100% перехода Ca из  $\text{CaCO}_3$  в  $\text{CaO}$  (к) в системе (1), а в системе (2) при T=1000К, т.е. при использовании углеводорода более насыщенного атомами водорода происходит смещение в низкотемпературную область 100%-го перехода Ca из  $\text{CaCO}_3$  в  $\text{CaO}$ .

Углерод в этих системах распределяется между  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CO}_2$  в температурной области 500-900К (при P=0,01 МПа) и в области 500-1000К (при P=0,1 МПа) в системе  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_6 - \text{O}_2$  7 из 8 молекул (87,5%) углерода окисляется до  $\text{CO}_2$ , а одна молекула (12,5%) остается в  $\text{CaCO}_3$ .

Для исследуемых систем независимо от давления в температурном интервале 500-900К (83,33%) молекул углерода окисляется до  $\text{CO}_2$  и одна молекула (16,62%) остается с  $\text{CaCO}_3$ . Затем в температурном интервале 1000-1500К преобладающая часть углерода переходит в  $\text{CO}_2$ . И лишь небольшая его доля (0,026% при T=1500К, P=0,01 МПа и 0,046% при T=1500К, P=0,1 МПа) переходит в CO. Поэтому состав газовой фазы системы  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5\text{O} - \text{O}_2$  незначительно отличается в двух температурных интервалах: 500-1000К и 1100-1500К (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние температуры и давления на состав газовой фазы системы CaCO<sub>3</sub> – C – C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O – O<sub>2</sub>

Компонент	Содержание в газовой фазе (об, %) при температурах (К)			
	500	1000	1100	1500
CO <sub>2</sub>	42,81*/42,80	49,81/49,80	54,35/54,35	54,33/54,33
CO	42,81*/42,80	49,81/49,80	54,35/54,35	0,013/0,024
O <sub>2</sub>	0,408/0,408	0,408/0,408	0,37/0,37	0,37/0,383
O	0,408/0,408	0,408/0,408	0,37/0,37	0,78·10 <sup>-4</sup> /0,14·10 <sup>-3</sup>
OH	0,408/0,408	0,408/0,408	0,16·10 <sup>-4</sup> /0,26·10 <sup>-4</sup>	0,071/0,0147
H <sub>2</sub>	0,408/0,408	0,408/0,408	0,16·10 <sup>-4</sup> /0,26·10 <sup>-4</sup>	0,44·10 <sup>-2</sup> /0,79·10 <sup>-2</sup>
H	0,408/0,408	0,408/0,408	0,16·10 <sup>-4</sup> /0,26·10 <sup>-4</sup>	0,37·10 <sup>-4</sup> /0,91·10 <sup>-4</sup>
H <sub>2</sub> O	49,79/49,79	49,79/49,79	45,27/45,27	45,26/45,25

Числитель P=0,1 МПа, знаменатель P=0,01МПа

Таким образом, присутствие в составе рабочей смеси нефтяного кокса в виде C – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – O<sub>2</sub> и C – C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O способствует снижению температуры процесса декарбонизации.

### Заключение

Физико-химическими исследованиями установлены группы органических соединений, микроструктура и поэлементный состав исходных материалов и конечных продуктов. По результатам ИК-спектров тонкослойной хроматографии установлено, что тяжелые нефтяные отходы характеризуются преобладанием сильно ароматизированных групп в пределах 35,1-54,1%. Результаты термодинамических исследований реакций, характерных агломерационному обжигу рабочей смеси состава – фосфорит – фосфато-кремнистый сланец – нефтекокс по изменениям энергии Гиббса, свидетельствуют о вероятности протекания в области 1200К.

Термодинамическое моделирование взаимодействия в системах: CaCO<sub>3</sub> – C – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – O<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> – C – C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O – O<sub>2</sub>, проведенное в температурном интервале 500-1500К и давлениях (P) 0,1; 0,01 МПа, соответствующих реальным условиям агломерации показало, что равновесное распределение элементов и соединений характеризуется высокой степенью декарбонизации CaCO<sub>3</sub> в CaO на 100%. При этом, снижение давления до 0,01 МПа смещает процесс декарбонизации на 100К в низкотемпературную область.

Полученные результаты исследований имеют важное практическое значение для выбора оптимальных составов и условий для агломерации бедных фосфоритных руд с использованием в качестве топливного компонента нефтяного кокса.

### Список литературы

1. Бугенов Е.С. Физико-химические основы производства фосфора из низкосортных фосфоритов / Е.С. Бугенов, У.Ж. Джусипбеков. – Алматы, 2005. – 384 с.
2. Ершов В.А. Электротермическая переработка фосфоритов Каратау / В.А. Ершов // Труды ЛенНИИГипрохима. – 1972. – № 4. – 198 с.
3. Термическая обработка и окускование фосфатного сырья / С. Шумаков и др. – М.: Химия, 1987. – 92 с.
4. Мирошников Н.А. Утилизация мелких фракции фосфоритов Каратау методов высоко температурного окомкования во вращающей печи: автореф....канд.тех.наук: 05.17.01 / Мирошников Н.А.; Ленингр.тех. инст-т им. Ленсовета. – Л., 1988. – 20 с.
5. Abildayeva A. Systematization of Material Flows of Natural and Secondary Raw Materials of Phosphorus Industry of the Republic of Kazakhstan / A. Abildayeva, Kh. Turgumbayeva // Environmental and Climate Technologies – 2021. – vol. 25, № 1. – P. 894-906. DOI: <https://doi.org/10.2478/rtulect-2021-0067>.
6. Ruan Y. Review on Beneficiation Techniques and Reagents Used for Phosphate Ores / Y. Ruan, D. He, R. Chi // Minerals. – 2019. – № 9. – 253 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/min9040253>.
7. Vereyina E.K. Experimental study of the coefficients for thermal conductivity and thermal diffusivity in agglomerates of phosphate ore raw materials during heating / E.K. Vereyina, V.I. Bobkov, V.A. Orekhov // II International Scientific And Practical Conference «Technologies, Materials Science And Engineering», 5-7 April, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0158769>.

8. Тлеуов А.С. Энерпго – и ресурсосберегающая технология агломерации фосфоритов: учебное пособие / А.С. Тлеуов. – Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2008. – 229 с.
9. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering / V.P. Meshalkin et al // Mendeleev Commun. – 2021/ – vol. 31, № 5. – P. 593-604. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2021.09.003>.
10. Sintering behaviour and sinter properties of phosphorite / Xuewei Lv et al // Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. – 2014. – P.16-26. DOI: <https://doi.org/10.1179/1743285514Y.0000000072>.
11. Orekhov, V.A. Features of the study on thermal destruction of carbonates in pelletized phosphorites at high-temperature roasting / V.A. Orekhov, V.I. Bobkov // *Tepl. ProtsessyTekh.* – 2022. – vol. 14, № 12. – P. 555-562. DOI: <https://doi.org/10.34759/tpt-2022-14-12-555-562>.
12. Копелиович Л.В. Теория и практика современных технологий производства кокса / Л.В. Копелиович. С.Г. Стахеев. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 116 с.
13. Aldo R.S. Analysis of Petroleum Coke Consumption in Some Industrial Sectors / R.S. Aldo, J. da S. Rogério, L.G.R. Maria // *Journal of Petroleum Science Research.* – 2015. – Vol. 4. – P. 2168-5517. DOI: <https://doi.org/10.12783/jpsr.2015.0401.01>.
14. Gascoina N. Marc Bouchez Characterisation of coking activity during supercritical hydrocarbon pyrolysis / N. Gascoina, Ph. Gillarda, S. Bernarda // *Fuel Processing Technology.* – 2008. – Vol. 89. – P. 1416-1428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.07.004>.

### References

1. Bugenov E.S. Fiziko-khimicheskie osnovy proizvodstva fosfora iz nizkosortnykh fosforitov / E.S. Bugenov, U.ZH. Dzhusipbekov. – Almaty, 2005. – 384 s. (In Russian).
2. Ershov V.A. Ehlektrotermicheskaya pererabotka fosforitov Karatau / V.A. Ershov // *Trudy LeNNII Giprokhima.* – 1972. – № 4. – 198 s. (In Russian).
3. Termicheskaya obrabotka i okuskovanie fosfatnogo syr'ya / S. Shumakov i dr. – M.: Khimiya, 1987. – 92 s. (In Russian).
4. Miroshnikov N.A. Utilizatsiya melkikh fraktsii fosforitov Karatau metodov vysoko temperaturnogo okomkovaniya vo vrashchayushchei pechi: avtoref...kand.tekh.nauk: 05.17.01 / Miroshnikov N.A.; Leningr.tekh. inst-t im. Lensoвета. – L., 1988. – 20 s. (In Russian).
5. Abildayeva A. Systematization of Material Flows of Natural and Secondary Raw Materials of Phosphorus Industry of the Republic of Kazakhstan / A. Abildayeva, Kh. Turgumbayeva // *Environmental and Climate Technologies* – 2021. – vol. 25, № 1. – R. 894-906. DOI: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0067>. (In English).
6. Ruan Y. Review on Beneficiation Techniques and Reagents Used for Phosphate Ores / Y. Ruan, D. He, R. Chi // *Minerals.* – 2019. – № 9. – 253 r. DOI: <https://doi.org/10.3390/min9040253>. (In English).
7. Vereyina E.K. Experimental study of the coefficients for thermal conductivity and thermal diffusivity in agglomerates of phosphate ore raw materials during heating / E.K. Vereyina, V.I. Bobkov, V.A. Orekhov // II International Scientific And Practical Conference «Technologies, Materials Science And Engineering», 5-7 April, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0158769>. (In English).
8. Tleuov A.S. Ehnerpgo – i ressursosberegayushaya tekhnologiya aglomeratsii fosforitov: uchebnoe posobie / A.S. Tleuov. – Shymkent: YUKGU im. M. Auehzova, 2008. – 229 s. (In Russian).
9. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering / V.P. Meshalkin et al // *Mendeleev Commun.* – 2021/ – vol. 31, № 5. – R. 593-604. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2021.09.003>. (In English).
10. Sintering behaviour and sinter properties of phosphorite / Xuewei Lv et al // *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy.* – 2014. – P.16-26. DOI: <https://doi.org/10.1179/1743285514Y.0000000072>. (In English).
11. Orekhov V.A. Features of the study on thermal destruction of carbonates in pelletized phosphorites at high-temperature roasting / V.A. Orekhov, V.I. Bobkov // *Tepl. ProtsessyTekh.* – 2022. – vol. 14, № 12. – R. 555-562. DOI: <https://doi.org/10.34759/tpt-2022-14-12-555-562>. (In English).



12. Kopeliovich L.V. Teoriya i praktika sovremennykh tekhnologii proizvodstva koksa / L.V. Kopeliovich, S.G. Stakheev. – Ekaterinburg: URFU, 2012. – 116 s. (In Russian).
13. Aldo R.S. Analysis of Petroleum Coke Consumption in Some Industrial Sectors / R.S. Aldo, J. da S. Rogério, L.G.R. Maria // Journal of Petroleum Science Research. – 2015. – Vol. 4. – R. 2168-5517. DOI: <https://doi.org/10.12783/jpsr.2015.0401.01>. (In English).
14. Gascoina N. Marc Bouchez Characterisation of coking activity during supercritical hydrocarbon pyrolysis / N. Gascoina, Ph. Gillarda, S. Bernarda // Fuel Processing Technology. – 2008. – Vol. 89. – P. 1416-1428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.07.004>. (In English).

### **Информация о финансировании**

*Исследование финансируется Комитетом по науке и высшего образования Республики Казахстан (грант BR21882181).*

**С.Т. Тілеуова, А.С. Тілеуов, Д.Т. Пазылова\*, Н.Т. Сағындықова, Ж.А. Туришбеков**

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5  
\*e-mail: danapazyl@mail.ru

### **МҰНАЙ КОКСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ФОСФАТ ШИКІЗАТЫНЫҢ АГЛОМЕРАЦИЯ ПРОЦЕСІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЗАНДЫЛЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ**

*Мақалада агломерацияда фосфат шикізатын отын ретінде пайдалану үшін мұнай өңдеу қалдықтарынан алынған мұнай коксын қолдану бойынша физика-химиялық және термодинамикалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген.*

*Жұқа қабатты хроматография және ИҚ спектроскопия әдісін қолдана отырып, мұнай коксын баяу кокстеу үшін қолданылатын ауыр қалдықтардың құрамындағы органикалық қосылыстардың топтары анықталды. Ауыр мұнай қалдықтарын талдау нәтижелері 35,1-54,1% күшті хош иісті топтардың, 12,0-25,7% шайырлы топтардың, 3,0-41,4% парафинді топтардың жоғары құрамын көрсетті. Осы көрсеткіштердің барлығы ауыр мұнай қалдықтарының мұнай коксын алуға жарамдылығын көрсетеді.*

*JSM-6490LV растрлық электронды микроскопының көмегімен алынған C-78,56%, Те-4,05%, Al-12,14%, Si-1,18% құрамды мұнай коксының элементтік құрамы мен микроқұрылымы анықталды.*

*Outokumpu Research Оу әзірлеген HSC-5.1 Chemistry бағдарламалық кешенді пайдалана отырып, фосфорит-фосфат-кремнийлі тақтатас-мұнайкокс құрамды жұмыс қоспасын агломерациялық күйдіруге тән реакциялардың термодинамикалық зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Декарбонизация реакциялар температурасынан Гиббс энергиясының өзгеруін есептеу нәтижелері жоғары температуралық аймақтағы барлық зерттелетін реакциялардың термодинамикалық ықтималдығы көрсетілді. Сонымен қатар, 5,6 реакцияларының ықтималдығы тек 1200K жоғары болуы мүмкін.  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_6 - \text{O}_2$  и  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5\text{O} - \text{O}_2$  жұмыс жүйелерінің декарбонизациясын термодинамикалық модельдеу агломерациялық процеске тән 500-1500K температуралық аралықта және 0,1-0,01МПа қысымда "Астра-4" бағдарламалық кешенін пайдалана отырып орындалды.*

*Температура мен қысымға байланысты кальций мен көміртектің негізгі компоненттерінің тепе-теңдік таралуының графикалық тәуелділіктерінің нәтижелері біртектес сипатта болды. Сонымен қатар, қысым азайған сайын CaO и CO<sub>2</sub> түзілу мүмкіндігі 100K төмен температуралы аймаққа ауысады.*

***Түйін сөздер:** агломерация, мұнай коксы, термодинамика, металлургиялық кокс, кокстеу, пиролиз, фосфат – кремний тақтатасы, Гиббс энергиясы.*

**S.T. Tleuova, A.S. Tleuov, D.T. Pazylova\*, N.T. Sagindikova, Zh.A. Turishbekov**

M. Auezov South Kazakhstan University,  
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan ave., 5  
\*e-mail: danapazyl@mail.ru

### **INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL FEATURES AND THERMODYNAMIC PATTERNS OF THE AGGLOMERATION PROCESS OF PHOSPHATE RAW MATERIALS USING PETROLEUM COKE**

*The article presents the results of physico-chemical and thermodynamic studies of the use of petroleum coke obtained from oil refining waste for use in agglomeration of phosphate raw materials as fuel.*

Using the method of thin-layer chromatography and IR spectroscopy, groups of organic compounds in the composition of heavy waste used for slow coking of petroleum coke were determined. The obtained results of the analysis of heavy oil waste showed a high content of strong aromatic groups 35.1-54.1%, resin groups 12.0-25.7%, paraffin groups 3.0-41.4%. All these indicators indicate the suitability of heavy oil waste for the production of petroleum coke.

The element composition and microstructure of the resulting petroleum coke, which contains C-78.56%, Te-4.05%, Al-12.14%, Si-1.18%, were identified using a scanning electron microscope JSM-6490LV.

The results of thermodynamic studies of reactions characteristic of agglomeration firing of a working mixture of phosphorite-phosphate-siliceous shale - neftekoх composition are presented, performed using the HSC-5.1 Chemistry software package developed by Outokumpu Research Oy. The results of calculating the Gibbs energy change from the temperature of decarbonization reactions indicate the thermodynamic probability of all studied reactions occurring in the high-temperature region. Moreover, the probability of 5.6 reactions is possible only above 1200K. Thermodynamic modeling of decarbonization of the working systems  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_6 - \text{O}_2$  and  $\text{CaCO}_3 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5\text{O} - \text{O}_2$  were performed in the temperature range 500-1500 K and pressures 0.1-0.01MPa, typical for the agglomeration process using the Astra-4 software package.

The results of graphical dependences of the equilibrium distribution of the main components of calcium and carbon depending on temperature and pressure are of the same type. Moreover, as the pressure decreases, the possibility of formation of CaO and  $\text{CO}_2$  per 100 K moves to a low-temperature region.

**Key words:** agglomeration, petroleum coke, thermodynamics, metallurgical coke, coking, pyrolysis, phosphate – siliceous shale, Gibbs energy.

#### Сведения об авторах

**Салтанат Талиповна Тлеуова** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saltanat.talipovna52@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4764-3500>.

**Алибек Спабекович Тлеуов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: tleuov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8534-9807>.

**Дана Темирбековна Пазылова\*** – PhD доктор, ст. преподаватель кафедры «Физика» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: danapazyul@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7183-3411>.

**Нурила Татуовна Сагиндикова** – преподаватель кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: kafedra\_xtnv2016@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3136-680X>.

**Жунибек Аскарлович Туришбеков** – докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: turishbekov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7240-2404>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Салтанат Талиповна Тлеуова\*** – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saltanat.talipovna52@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4764-3500>.

**Алибек Спабекович Тлеуов** – техника ғылымдарының докторы, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: tleuov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8534-9807>.

**Дана Темирбековна Пазылова\*** – PhD доктор, «Физика» кафедрасының аға оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: danapazyul@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7183-3411>.

**Нурила Татуовна Сагиндикова** – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: kafedra\_xtnv2016@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3136-680X>.

**Жунибек Аскарлович Туришбеков** – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: turishbekov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7240-2404>.

### Information about the authors

**Saltanat Tleuova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology of Inorganic and Petrochemical Industries" of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan, e-mail: saltanat.talipovna52@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4764-3500>.

**Alibek Tleuov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of Inorganic and Petrochemical Industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: tleuov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8534-9807>.

**Dana Pazylova\*** – PhD Doctor, Senior lecturer of the Department «Physics» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: danapazyl@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7183-3411>.

**Nurila Sagindikova** – lecturer of the Department «Technology of Inorganic and Petrochemical Industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: kafedra\_xtnv2016@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3136-680X>.

**Zhunisbek Turishbekov** – doctoral student of the Department «Technology of Inorganic and Petrochemical Industries» of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: turishbekov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7240-2404>.

Поступила в редакцию 04.04.2024  
Поступила после доработки 18.04.2024  
Принята к публикации 19.04.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-67



МРНТИ: 31.15. 25

**Қ. Амантайұлы<sup>1</sup>, Е. Сайлауханұлы<sup>2</sup>, Н.Н. Нурғалиев<sup>3</sup>, С. Азат<sup>2</sup>, Қ. Тоштай<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,  
050038, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., аль-Фараби д.71

<sup>2</sup>Satbayev University,  
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Сатпаев к. 22

<sup>3</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки көшесі, 20

\*e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz

## ЕКІНШІЛІК МЫРЫШ КЕНДЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНАН (ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ) ШАЙМАЛАУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЫРЫШ, ҚОРҒАСЫН, МЫС ЖӘНЕ КАДМИЙДІ БӨЛІП АЛУ

**Аңдатпа:** Түсті металл өндірушілердің қалдық шикізатты қайта кәдеге жаратуы жыл санап тұрақты түрде өсуде. Қалдық материалдардың құрамында әртүрлі ауыр металдардың зиянды қоспалары кездеседі, осы қоспалар қоршаған ортаға өте үлкен зиян тигізіуде. Бұл жұмыста Мырыш балқыту қожының құрамынан мырыш пен мысты және қосымша қорғасын, кадмийді гидрометаллургиялық тәсілмен алу барысы зертханалық масштабта зерттелді. Мырыш балқыту қожының құрамынан металдарды алу үшін (гидрометаллургиялық) шаймалау әдісі қарастырылды. Шаймалау әдісінің тиімділігін зерттеу үшін ерітіндінің концентрациясы, температурасы және қатты/сұйық фаза қатынасы сияқты параметрлер қарастырылды. Шаймалау сұйықтығы ретінде ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) аммоний хлоридінің сулы ерітіндісі қолданылды. Бұл процесс үшін оптимальді шарттар ретінде 80°С температура, 5М  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ерітіндісі, шаймалау процесінің ұзақтығы (2сағ), араластыру жылдамдығы 300 айн/мин және сұйықтық/қатты қатынасы 1:25 аңқталды. Осы параметрлер шаймалау агентінің жоғары селективтілігін расталды және максималды тиімділікті көрсетті. Тәжірибе жүзінде алынған ерітіндіде ең жоғары Zn және Cu шығымдары сәйкесінше 93,2% және 67%-ды құрады. Сонымен қатар Pb мен Cd шығымы 80% және 55% құрады. Бұл нәтижелер әр түрлі металдарды бір мезгілде шайып алудың тиімділігін арттыру үшін аммоний хлоридінің концентрациясын және шаймалау параметрлерін оптимизациялаудың маңыздылығын дәлелдейді. Аммоний хлоридінің жоғары селективтілігі мен тиімділігі, оның әртүрлі металдарды алудағы

потенциалын арттырады және қоршаған ортаға зиянды әсерін азайтады, бұл қалдық материалдарды қайта өңдеу әдістерін дамытуда жаңа мүмкіндіктер ашады.

**Түйін сөздер:** мыс, мырыш, қорғасын, кадмий, металл, өнеркәсіп қалдықтары, гидрометаллургиялық өңдеу.

## 1. Кіріспе

Бос жыныстарды және минералды қалдықтарды кеніш алаңдарында және оған жақын жерде сақтау ұзақ мерзімді инженерлік, экологиялық проблема болып табылады. Кейде шахталық қалдықтарды сақтау үшін пайдаланылатын жүйенің істен шығуы салдарынан қоршаған ортаның апатты ластануы орын алды [1]. Компаниялар жыл сайын құрамында 10-25% Zn, 3% Pb және басқа да құнды элементтерден тұратын тонна-тонна шлактарды шығаратындықтан, метал қорыту зауытының қождарын маңызды қосалқы ресурс деп санауға болады [2]. Мырыш балқыту шлактары қауіпті қатты қалдықтарға жатады. Мырыш балқыту қожын өңдеудің дәстүрлі гидрометаллургиялық технологиясы мырыш алуға бағытталған, бірақ қосалқы металдарға айтарлықтай назар аударылмайды [3]. Шаңның құрамында мырыш, кадмий, қорғасын, хром және никель сияқты түсті металдардың айтарлықтай мөлшері бар, оларды қалпына келтіруге, қоршаған ортаға әсерді азайтуға болады [4]. Қарқынды индустрияландыру ауыр металдарға сұранысты арттыруда, бірақ жоғары сұрыпты кендердің қолжетімділігі азайып есесіне құрамында ауыр металдары бар улы элементтерден тұратын өнеркәсіптік қалдықтардың пайда болуына әкелді. Бұл қалдықтарды дұрыс кәдеге жаратпау аумақтардың ластануына ықпал етіп, күрделі экологиялық проблемаларды тудырады. Кейбір металдардың биологиялық жартылай ыдырауы ұзақ және канцерогенді болып табылады. Өнеркәсіпте өндірілетін негізгі қалдықтарға электронды сынықтар, медициналық қалдықтар, металл өңдеу өнеркәсібінің қалдықтары, пайдаланылған мұнай катализаторлары, батарея қалдықтары және күл. Бұл қатты қалдықтардың құрамында Au, Ag, Ni, Mo, Co, Cu, Zn және Cr сияқты ауыр металдар бар [5]. Түсті металл өндірушілердің қалдық шикізатты қайта кәдеге жаратуы жыл санап тұрақты түрде өсуде. Қалдық материалдармен бірге өндіріс пештеріне міндетті түрде әртүрлі қоспалар енеді, олар материалдың химиялық құрамын, содан кейін операциялық өнімдер мен жанама өнімдердің физикалық және химиялық қасиеттерін айтарлықтай өзгерте алады. Мырыш өңдеуден қалған қождардағы басым метал ретінде мырышты және Cd, Cu және Pb ды қарастыруға болады [6].

Аммоний хлоридімен шаймалау әдісі әдетте металл өңдеу қалдықтарынан мырыш пен мысты және басқа құрамдас металдарды алу үшін қолданылады. Аммоний хлоридімен шаймалау әдісі металл өңдеу қалдықтарының ерекше сипаттамаларына және қажетті экстракция тиімділігіне негізделген оңтайландыру мен түзетуді қажет етуі мүмкін екенін ескеру маңызды. Аммиакты шаймалау ерітінділері халькопиритті еріту үшін тиімді лиxiviant ретінде қарастырылды. Алайда, қышқылдық халькопириттің еруінің кең ауқымды зерттеулерімен салыстырғанда, аммиак ерітінділеріндегі халькопириттің еру механизмі қосымша түсінуді қажет етеді [7]. Аммоний хлориді ерітіндісіндегі гемиморфит  $Zn_4Si_2O_7(OH)_2H_2O$  сілтісіздендірудің егжей-тегжейлі кинетикасы қарастырылып. Араластыру жылдамдығының (150-350 айн/мин), сілтілеу температурасының (75-108 °C), гемиморфит бөлшектерінің мөлшерінің (45-150 м), аммоний хлоридінің концентрациясының (3,5-5,5 моль/л) мырыш алу жылдамдығына әсері зерттелген. Араластыру жылдамдығы жоғарылағанда мырыштың алыну жылдамдығы біршама өсті, бірақ шаймалау температурасы мен аммоний хлоридінің концентрациясын сатылап көтергенде металдың мөлшері күрт артты [8]. Тәжірибелерде параметр ретінде аммиак пен аммоний хлоридінің концентрациясы, кен бөлшектерінің мөлшері, қатты-сұйықтық қатынасы және температура таңдалды. Нәтижелер температура, аммиак концентрациясы және аммоний хлориді мыс оксиді кендерінің шаймалану жылдамдығына қолайлы әсер ететінін көрсетті. Дегенмен, шаймалау жылдамдығы бөлшектердің мөлшері мен қатты-сұйықтық қатынасының ұлғаюымен төмендейді [9]. Қажет болған жағдайда, жоғары таза мырыш пен мысты алу үшін қосымша тазарту қадамдарын қолдануға болады. Бұл қадамдарға еріткіш экстракциясы, электролиз немесе басқа тазарту процестері кіруі мүмкін. Сүзу сатысынан алынған шайма суда еріген мырыш пен мыс иондары бар. Бұл металдарды тазартып, бөліп алу үшін тұндыру, еріткішпен экстракциялау немесе

электрлі алу сияқты әртүрлі әдістерді қолдануға болады. Таңдалған арнайы әдіс сұйық фазаға ауысқан металдардың концентрациясы және соңғы өнімдердің құрамдық тазалығы сияқты факторларға байланысты болады. Құрамы әртүрлі шаймалау агенттері бар. Оларға  $\text{NH}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  сияқты аммиакты шаймалау жүйесін қолданып домна пешінің шаңынан мырыштың алынуы зерттелген. Шаймалау процесінің өнімділігіне әсер етуі мүмкін келесі параметрлері қарастырылады: температура, реакция уақыты, араластыру жылдамдығы, қатты-сұйықтық қатынасы, аммиактың жалпы концентрациясы, аммиак/аммиак қатынасы [10]. Зерттеу барысында аммиактың жалпы концентрациясының, қатты-сұйықтық қатынасының, араластыру жылдамдығының және шаймалау температурасының мырыш экстракциясына әсерін зерттей отырып, әртүрлі аммиони тұздары негізіндегі шаймалау жүйесін пайдалана отырып, домна пешінің шаңынан мырыш алу зерттелген [11]. Күкірт қышқылын, темір және алюминий тұнбаларын, гидроксидтер және силикагельді пайдалана отырып, жез қожынан мырыш пен мысты шаймалау және металды бөліп алу процестері қарастырылып. Араласу жылдамдығы, шаймалау уақыты, қышқыл концентрациясы және температура сияқты факторлар зерттелген [12].

Бұл жұмыстың мақсаты кен қалдықтарын аммоний хлориді қатысында шаймалау процесін зерттеу. Өскемен кен орындарының полиметалл (мыс-мырыш) рудаларын өңдеу барысында құрамында мыс пен мырышты және басқа ілеспе металдар бар қалдық күлдер шығарады. Осы қалдықтарды іріктеп қауіпсіз шаймалау технологиясын қолданып, қалдықтарды бейтараптау, кәдеге жарату мүмкіндігін анықтау.

## **2. Зерттеу шарттары мен әдістері**

### **2.1. Материалдар**

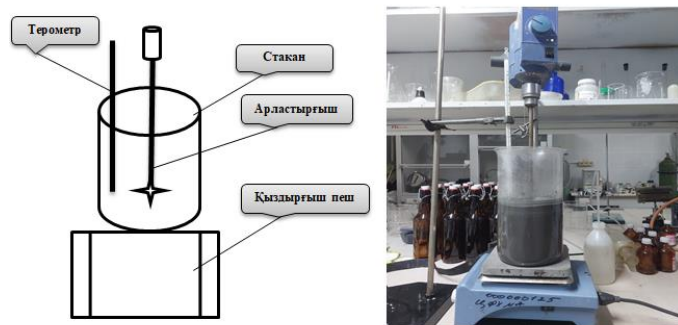
Бұл зерттеуде пайдаланылған сынық материал мырыш балқыту қождары болып табылады. Ол ішінара ұнтақ бөлшектерінен, ұшпа қалдықтардан тұрады. Сынақ үшін алынған материалдар Шығыс Қазақстан аумағынан алынды. Мырыш балқыту қожының құрамында  $\text{Ag}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$  және  $\text{Zn}$  сияқты ауыр металдар бар, олар қоршаған ортаға өте үлкен қауіп төндіреді [13].

### **2.2 Шаймалау әдісі**

Шаймалау сынақтары 2000мл химиялық стаканда орындалды. Ол магнитті араластырғышпен жабдықталған және қажетті температураға қол жеткізу үшін стакан ыстқыш плитаның үстінде орналастырылған, жүйеге берілген температураны дәлдікпен бақылау үшін стаканның шетіне қосымша сынап термометрі орнатылды (1-сурет). Шаймалау ерітінділері аммоний хлоридінің (3,5-5,5 моль/л) сәйкес концентрациясын ионсыздандырылған суда реагентті еріту арқылы дайындалды [14]. Қажетті реакция температурасына қол жеткізгеннен кейін және араластыру жылдамдығына жеткеннен кейін, қатты үлгінің белгілі мөлшері реакторға енгізіліп белгілі бір уақыт аралығында шаймаланады. Тұрақты алдын ала белгіленген уақыт өткен соң шаймалау процесін аяқтап, сулы фазаға бөлінген металл концентрациясын талдау үшін диаметрі 12,5 см BOROSIL сүзгі қағазы арқылы сүзілді. Сонымен қатар сүзілген сұйықтан 5 мл мөлшерінде сынама алынып нәтижелер индуктивті байланысқан плазмалық масс-спектрометрия (ICP-MS) көмегімен талданды. Тәжірибе соңында сүзілген қалдық UNITEMP кептіру шкафында шамамен 50°C температурада 3 күн бойы кептірілді және кептірілген қалдық пен фильтрат ICP-MS әдісін қолданып химиялық құрамына талдау жасалды. Тәжірибелерде шаймалау процесіне әсер ететін бірнеше параметр қарастырылған, атап айтсақ шаймалау температурасы, араластыру жылдамдығы,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  концентрациясы, уақыт, қатты-сұйық қатынасы (1-Кесте).

Барлық тәжірибелерекі, үш реттен қайталанды және қортындалар талданып максималды стандартты ауытқудың орташа мәні есептелді. Металдардың шығымы (Y) келесі теңдеу бойынша есептелді:  $Y = n_0/n_j * 100\%$

Мұндағы  $n_j$  – қалдық құрамындағы металдардың массасы, ал  $n_0$  – шаймаланған ерітіндідегі металдардың массасы.



1 сурет – Шаймалау процесі

1 кесте – Негізгі шаймалау параметрлер шарттары

Аммоний хлориді( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	2 М – 6 М
Температура	20 °С – 100 °С
Араластыру жылдамдығы	100 айн/мин – 500 айн/мин
Бөлшектердің өлшемдері	45 ~ 63 мкм, 63 ~ 74 мкм, 74 ~ 90 мкм, 90 ~ 125 мкм
Қатты заттың салмағы	42,25 г – 126,5 г
Реагент көлемі, тұрақты көлем	1 л дистилденген су + $\text{NH}_4\text{Cl}$
Шаймалау уақыты	30-150 минут

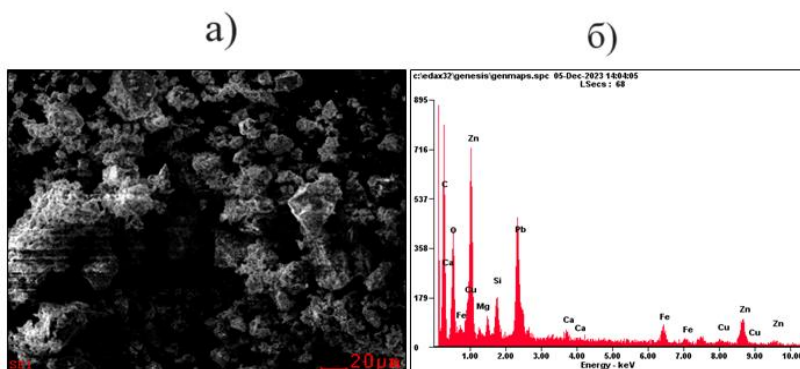
### 3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

#### 3.1. Үлгінің химиялық құрамы

Бастапқы үлгінің құрамы мен алынған нәтижелер индуктивті байланысқан плазмалық масс-спектрометрия (ICP-MS) арқылы талданды. Үлгі құрамындағы элементтердің жартылай сандық талдау нәтижелері 2-кестеде және сканерлі электронды микроскопия (СЭМ) суреті мен сәйкес Энергетикалық дисперсиялық рентгендік талдау (ЭДС) спектрлері 2-суретте көрсетілген. Сәйкес үлгінің құрамында көрсетілген негізгі химиялық элементтер Zn, Pb, Cu және Cd, үлгідегі басқа элементтердің мөлшері салыстырмалы түрде аз.

2 кесте – Бастапқы үлгінің химиялық құрамы

Элемент	Zn	Pb	Cd	Mn	Cu	Ca
Мөлшері, мг/л	17,83	2,83	9,96	0,04	6,58	0,39

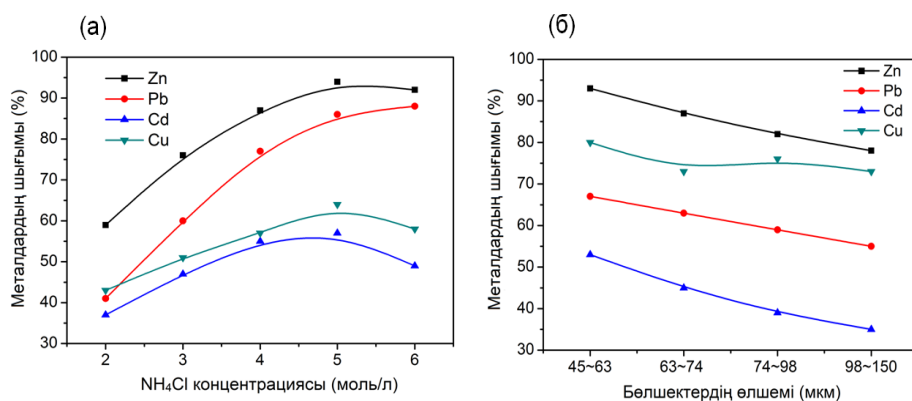


2 сурет – Бастапқы үлгінің СЭМ суреті және сәйкес ЭДХ спектрі

#### 3.2 Шаймалау агентінің концентрациясының әсері

Аммоний хлориді концентрациясының қалдық кеннің құрамындағы металдардың шаймалану мөлшеріне әсері зерттелді. Шаймалаушы агент концентрациясы 2 М-ден 6 М-ге дейін өзгерді, ал басқа эксперименттік параметрлер; шаймалау уақыты (120 мин), шаймалау температурасы (80°C), С/Қ қатынасы (1:25), және араластыру жылдамдығы (300 айн/мин) тұрақты түрде сақталды.

Нәтижелер шаймалаушы сұйықтық құрамындағы  $\text{NH}_4\text{Cl}$  концентрациясын өзгертіу шаймалау процесіне әсер ететінін көрсетті. Металдардың еру жылдамдығы концентрацияны 2М-ден 6М-ге дейін арттырған кезде айтарлықтай өсті. 2 сағаттан кейін мырышпен, мыстың бөліну жылдамдығы 2М-ден 5М-ге дейін 59%-дан 94%-ға, 43%-тен 64%-ға дейін көтерілгені байқалды 5М- кейін металдардың мөлшері тұрақты мәнге ие бола бастайды. Қорғасын мөлшері негізгі метал мырышпен бірге өсімді көрсетіп 41%-дан 88%-ға дейін өзгерді және кадмий мөлшері процесс басталған кезде өте жақсы өнімділік көрсетсе уақыт өткен сайын металдың бөліну активтілігі төмендейтінін көріуге болады. Бұның негізгі себебі химиялық процесстің дифузиялық ортаға алмаса бастаумен түсіндіруге болады. Кадмий металының бөліну пайызы 2М 37%-дан 4М 57%-ке дейін өссе, тиісінше 5М мен 6М аралығында 49%-ға дейін төмендейтінін көріуге болады (3а-сурет). Зерттеуге алынған қож құрамындағы металдардың еру жылдамдығы  $\text{NH}_4\text{Cl}$  концентрациясының жоғарылауымен үздіксіз өсетінін көрсетті. Шаймалаушы агенттің сулы ортада ионизациясы және  $\text{NH}_4^+$  гидролизі арқылы шаймалау ерітіндісінде  $\text{NH}_3$  лигандының түзілуімен шаймалау процесі басталды, бұл реакцияның жүруіне мүмкіндік берді. Гидролиз сатысы кеннен метал комплекстерін түзіуге қажетті лигандтарды бөліу үшін маңызды екені анықталды [15]. Шайма ерітіндісінде  $\text{NH}_3$  лиганд метал мен комплексометриялық реакцияға түсіп, метал-аммиак комплекстерінің күрделі түрлеріне  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_2^+]$ ,  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_3^{2+}]$  және  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_4^{2+}]$  қатарлы бірнеше аралық өнімдерін түзеді, олар кейіннен тұрақты металға айналады [15-16].



3 сурет – а) Металдардың шығымына шаймалау агенті концентрациясының әсері және б) бөлшек өлшемінің әсері

### 3.3 Бөлшек өлшемінің әсері

3б-суретте сәйкесінше металдардың шығымы үшін қалдықтың бөлшек өлшемдерінің әсері зерттелді. Сынақтар 45~63 мкм, 63~74 мкм 74~90 мкм және 90~125 мкм бөлшектердің өлшемдік фракцияларын қолдану арқылы орындалды. Шаймалау процесін оңтайландыру  $\text{NH}_4\text{Cl}$  концентрациясын, қатты-сұйықтық қатынасын, температураны және араластыру жылдамдығын тұрақты сақтау арқылы жүзеге асырылды. Нәтижелер шаймалау жылдамдығының тиімділігі мен металдардың бөліну шамасы бөлшектердің мөлшері 90~125 мкм-ден бастап 74~90 мкм, 63~74 мкм және 45~63 мкм-ге дейін азайған сайын арта түсетіні анықталды. Еріту тенденциясы барлық мөлшердегі қалдықтарда бірдей заңдылықпен басталып уақыт өте келе тұрақты түрде артады [17-18]. Руданың бөлшектерінің өлшемдері неғұрлым ұсақ болса, шаймалау нәтижелері соғұрлым жақсы және шаймалау реакциясы соғұрлым жылдамырақ болатынын көрсетті. Бұл руданың бетінің ауданы бөлшектер мөлшерінің азаюымен ұлғаятынының көрсеткіші, сондықтан көп бөлшектердің реакцияға түсу мүмкіндігі өте жоғары [18].

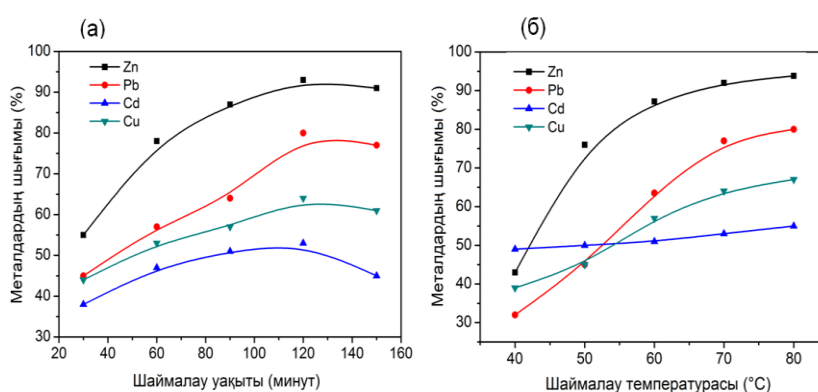
### 3.4 Шаймалау уақытының әсері

Аммоний хлоридінің шаймалануына уақыттың әсері, зерттелетін нақты жағдайлар мен материалдарға байланысты өзгереді. Шаймалау уақытын ұзарту арқылы металдың бөліну мөлшерін жақсарту үшін 10 да 150 минутқа дейігі аралықтағы өзгерістер қарастырылды. Атап айтқанда, шаймалау уақыты 10 минуттан 150 минут аралығында және шаймалау температурасы  $80^\circ\text{C}$  болды. Сондай-ақ шаймалау агентінің концентрациясының, С/Қ қатынасының және араластыру жылдамдығының мәндері тиісінше 5 моль/л, 1:25 және 300

айн/мин сақталды. 4а-суретте металдардың шаймалау тиімділігінің шаймалау уақытына байланысты өзгеруі көрсетілген. Мырыш, мыс және қорғасынның шаймалау тиімділігі шаймалау уақытын ұзартқан сайын жоғарылағанын көруге болады. Ал кадмий минутқа дейін өсіп одан кейін тұрақты түрде өсімін жоғалтатындығы анықталды. Дегенмен, металдардың шаймалану тиімділігі шаймалау уақыты 120 минутқа жеткенше ғана тез өсті, содан кейін тиімділік өзгерістері салыстырмалы түрде аз болды.

### 3.5 Шаймалау температурасының әсері

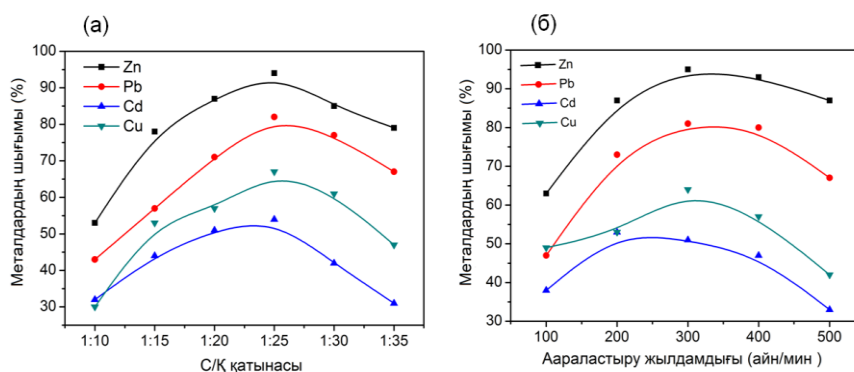
Аммоний хлоридінің концентрациясы 5 моль/л кезінде, шаймалау температурасын 20°C-тан 100°C аралығында өзгерте отырып, шаймалау уақытын, С/Қ қатынасын, араластыру жылдамдығын сәйкесінше 120 мин, 1:25 және 300 айн/мин тұрақты шамада қалдырдық. Температураның металдардың шаймалану тиімділігіне әсері 4б-суретте көрсетілген. Суреттегі эксперименттік нәтижелерге сәйкес, реакция барысында температура жоғарылаған сайын қалдықтың ыдырауы және металдардың шаймалау жылдамдығы айтарлықтай артады. Реакция температурасы 40 °С-тан 80 °С-қа дейін жоғарылағанда, Zn мен Pb-ның шығымы 43% және 32%-дан, 93,84% және 80% дейін көтерілсе, Cu мен Cd 39% және 49%-дан 67% және 55% дейін өсті, бұл шаймалау процесінің эндотермиялық реакция болуымен түсіндіріледі.



4 сурет – а) Металдардың шығымына шаймалау уақытының әсері және б) температурасының әсері

### 3.6 Қатты/сұйықтық қатынасының әсері

5а-суретте көрсетілген нәтижелерге сәйкес, металдардың бөліну мөлшеріне қатты-сұйықтық қатынасындағы өзгерістер айтарлықтай әсер етті. С/Қ қатынасы 1:10-нан 1:35-ке дейін жоғарылағанда, металдардың шығымы бастапқыда, 1:10-нан 1:25-ке дейін Zn, Cu, Cd -ның шығымы 53%, 30% және 32%-дан 94%, 67% және 54% дейін артады. Содан кейін С/Қ қатынасы 1:30, 1:35-ке тең болғанда металдардың өнім шығымы төмендейді. Pb бастапқыда 1:10-нан 1:30-ке дейін 43% -ден 82% дейін өсті, кейін 1:30-ке тең болғанда өнімділік бірден 67%-ға дейін төмендеді. Металдардың шаймалануының төмендеу тенденциясы реакциялық қоспадағы қатты зат мөлшерінің ұлғаюына байланысты [19].



5 сурет – а) Металдардың шығымына С/Қ қатынасының әсері және б) айналу жылдамдығының әсері



### 3.7 Араластыру жылдамдығының әсері

Мырыштың шаймалау тиімділігін араластыру жылдамдығын арттыру арқылы жақсартуға болады, өйткені ол минералды бөлшектердің ерітіндіде еру мүмкіндігін және бөлшектердің бетіндегі масса алмасудың шекаралық қабатының қалыңдығын азайтады. Тәжірибелер 45 пен 64 мкм аралығындағы фракцияда, 80°C температурада 5 моль/л NH<sub>4</sub>Cl, C/Қ қатынасы 1:25, шаймалау уақыты 2 сағ, араластыру жылдамдығы 100 айн/мин және 500 айн/мин дейін жүргізілді. Араластыру жылдамдығының нәтижесі 5б-суретте көрсетілген. Араластыру жылдамдығының 150 айн/мин-ден 300 айн/мин арасында Zn,Pb,Cu-дың шығымының жоғарылауымен және 300 айн/мин кейін метал экстракциясының жылдамдығы төмендейтінін көрсетеді. Cd 100-200 айн/мин аралығында артып 200 айн/мин-тан кейін төмендейтіндігін көрсетті.

#### Қорытынды

Аммоний хлоридінің (NH<sub>4</sub>Cl) сулы ертіндісі арқылы шаймалау негізгі мырыш балқыту қожынан Zn, Pb, Cu және Cd металдарын алудың оңтайлы шарттарын анықтау үшін орталық композиттік дизайн пайдаланылды. Шаймалау ұзақтығы, NH<sub>4</sub>Cl концентрациясы және сұйық-қатты зат қатынасы Zn, Pb, Cu және Cd металдарын алуда маңызды факторлар болып табылды. Мырыш балқыту қожынан Zn, Pb, Cu және Cd металдарын максималды бөлудің оңтайлы шарттары келесідей нәтижелермен сипатталды: шаймалау ұзақтығы (t=120 мин), NH<sub>4</sub>Cl концентрациясы 5 моль/л, сұйық пен қатты заттың қатынасы 1:25, шаймалау температурасы 80°C. Жоғардағы папарметрлерге сәйкес болғанда, мырыш 93,2%, қорғасын 80%, мыс 67%, кадмий 55% болатындығы анықталды.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Falagan C. New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings / C. Falagan, B. Grail, D. Johnson // *Minerals Engineering*. – 2016. – № 106. 10.1016/j.mineng.2016.10.008.
2. Mineralogical Reconstruction of Lead Smelter Slag for Zinc Recovery / Zheng Yong-Xing et al // *Separation Science and Technology*. 49. 10.1080/01496395.2013.863342.
3. Song, Shaole & Sun, Wei & Wang, Li & Runqing, Liu & Han, Haisheng & Hu, Yuehua & Yang, Yue. (2018). Recovery of cobalt and zinc from the leaching solution of zinc smelting slag. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 7. 10.1016/j.jece.2018.11.022.
4. Dutra, Achilles & Paiva, P.R.P. & Tavares, Luis. (2006). Alkaline leaching of zinc from electric arc furnace steel dust. *Minerals Engineering*. 19. 478-485. 10.1016/j.mineng.2005.08.013.
5. Yong, Sun., Jing, ping, Zhang., Lian, Zhang. (2016). NH<sub>4</sub>Cl selective leaching of basic oxygen furnace slag: Optimization study using response surface methodology. *Environmental Progress*, 35(5):1387-1394. doi: 10.1002/EP.12365
6. Piatak, Nadine & Il, Robert. (2010). Mineralogy and the release of trace elements from slag from the Hegeler Zinc smelter, Illinois (USA). *Applied Geochemistry – APPL GEOCHEM*. 25. 302-320. 10.1016/j.apgeochem.2009.12.001.
7. Yalong, Ma & Yang, Yi & Fan, Rong & Gao, Xiyu & Zheng, Lei & Chen, Miao. (2021). Chalcopyrite leaching in ammonium chloride solutions under ambient conditions: Insight into the dissolution mechanism by XANES, Raman spectroscopy and electrochemical studies. *Minerals Engineering*. 170. 107063. 10.1016/j.mineng.2021.107063.
3. Jha MK, Kumar V, Singh RJ. Review of hydrometallurgical recovery of zinc from industrial wastes. *Resources, Conserv Recycling* 2001;33(1):1-22, [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00095-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00095-1)
8. Zhao, Duoqiang & Yang, Shenghai & Chen, Yongming & Tang, Chaobo & He, Jing & Li, Hao. (2017). Leaching Kinetics of Hemimorphite in Ammonium Chloride Solution. *Metals*. 7. 10.3390/met7070237.
9. Leaching kinetics of low-grade copper ore with high-alkalinity gangues in ammonia-ammonium sulphate solution / Liu Zx. et al // *J. Cent. South Univ. Technol.* – 2012. – № 19. – P. 77-84. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11771-012-0975-8>.
10. Aiyuan Ma, Libo Zhang, Jinhui Peng, Xuemei Zheng, Shiwei Li\*, Kun Yang and Weiheng Chen Extraction of zinc from blast furnace dust in ammonia leaching system, January 12, 2016.
11. Freeman Ntuli., Edison Muzenda., Ishmael M., Ramatsa. Mohamed, Belaid., John, Kabuba. (2011). The effect of leaching time and ammonia concentration on the atmospheric leaching of

- copper. 2nd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering IPCBEE vol.14 (2011) 79-83. IACSIT Press, Singapore
12. Ahmed, Ismail & Nayl, Abdelaziz & Daoud, Jacqueline. (2012). Leaching and recovery of zinc and copper from brass slag by sulfuric acid. Journal of Saudi Chemical Society. 55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.003>.
13. Piatak N. Mineralogy and the release of trace elements from slag from the Hegeler Zinc smelter, Illinois (USA). / Piatak Nadine & Il Robert // Applied Geochemistry – APPL GEOCHEM. – 2010. – № 25. – P. 302-320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.12.001>.
14. Leaching kinetics of zinc silicate in ammonium chloride solution / Yang Sheng-hai et al // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2016. – № 26. – P. 1688-1695. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(16\)64278-4](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(16)64278-4).
15. Ekmekyapar A. Investigation of copper cementation kinetics by rotating aluminum disc from the leach solutions containing copper ions / A. Ekmekyapar, M.K. Tanaydin, N. Demirkiran // Physicochemical Problems of Mineral Processing. – 2012. – № 48. – P. 355-367.
16. Dissolution kinetics of low grade complex copper ore in ammonia-ammonium chloride solution / Liu Wei et al // Transactions of Nonferrous Metals Society of China – TRANS NONFERROUS METAL SOC CH. – 2010. – № 20. – P. 910-917. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(09\)60235-1](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(09)60235-1).
17. Awe, Samuel. (2013). Antimony Recovery from Complex Copper Concentrates through Hydro- and Electrometallurgical Processes.
18. Optimization study of a nigerian dolomite ore dissolution by hydrochloric acid / Baba Alafara et al // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2014. – № 49. – P. 280-287.
19. Bingol D. Dissolution Kinetics of Malachite in Sulphuric Acid / D. Bingol, M. Canbazoğlu // Hydrometallurgy. – 2004. – № 72. – P. 159-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2003.10.002>.

#### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

*Ғылыми жұмыс Ғылым және жоғары білім министрлігі, Ғылым комитеті қаржыландырган жоба аясында жасалынды (ЖТН BR21881939).*

**Қ. Амантайұлы<sup>1</sup>, Е. Сайлауханұлы<sup>2</sup>, Н.Н. Нурғалиев<sup>3</sup>, С. Азат<sup>2</sup>, Қ. Тоштай<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби,  
050038, Республика Қазақстан, г. Алматы, пр.Аль-Фараби 71

<sup>2</sup>Satbayev university,  
050013, Республика Қазақстан, г. Алматы, ул.Сатпаева, 22

<sup>3</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г.Семей, ул.Глинки, 20

\*e-mail: [kainaubek.toshtay@kaznu.kz](mailto:kainaubek.toshtay@kaznu.kz)

#### **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА, СВИНЦА, МЕДИ И КАДМИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ЦИНКОВЫХ РУД МЕТОДОМ (ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО) ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

*В годовом исчислении увеличивается количество переработки отходов производителями цветных металлов. Эти отходы часто содержат различные вредные примеси тяжелых металлов, представляющие значительный риск для окружающей среды. В данном исследовании на лабораторном уровне была исследована экстракция цинка и меди, а также дополнительно свинца и кадмия из остатков цинковой плавки с использованием гидрометаллургического метода. Был рассмотрен метод выщелачивания для извлечения металлов из остатка. Для оценки эффективности метода выщелачивания были исследованы такие параметры, как концентрация раствора, температура и соотношение твердая/жидкая фаза. В качестве агента выщелачивания использовался водный раствор хлорида аммония (NH<sub>4</sub>Cl). Оптимальные условия для этого процесса были определены при температуре 80°C, концентрации раствора 5M NH<sub>4</sub>Cl, времени выщелачивания 2 часа и соотношении жидкое/твердое 1:25. Эти параметры подтвердили высокую селективность агента выщелачивания и продемонстрировали максимальную эффективность. На практике полученный раствор обеспечил максимальное извлечение Zn и Cu в размере 93,2% и 67% соответственно. Кроме того, выходы Pb и Cd составили 80% и 55%. Эти результаты*

подчеркивают важность оптимизации концентрации хлорида аммония и параметров выщелачивания для повышения эффективности одновременной экстракции различных металлов. Высокая селективность и эффективность хлорида аммония усиливают его потенциал в извлечении металлов и снижают воздействие на окружающую среду, открывая новые возможности для развития методов переработки отходов.

**Ключевые слова:** медь, цинк, свинец, кадмий, металл, промышленные отходы, гидрометаллургическая переработка.

**K. Amantaiuly<sup>1</sup>, Y. Sailaukhanuly<sup>2</sup>, N.N. Nurgaliyev<sup>3</sup>, S. Azat<sup>2</sup>, K. Toshtay<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
050038, Republic of Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi av,71

<sup>2</sup>Satbayev University,  
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, Satpayev street 22

<sup>3</sup>Shakarim university of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinki street, 20

\*e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz

*Extraction of zinc, lead, copper and cadmium from secondary zinc ores by (hydrometallurgical) leaching method*

*Abstract. The annual increase in waste recycling by non-ferrous metal producers is steadily growing. These waste materials often contain various harmful heavy metal impurities, which pose significant environmental risks. This study examined the laboratory-scale extraction of zinc and copper, along with additional lead and cadmium, from the residue of zinc smelting using a hydrometallurgical method. The leaching technique was considered for extracting metals from the residue. Parameters such as the solution's concentration, temperature, and the solid/liquid ratio were examined to assess the efficiency of the leaching method. An aqueous solution of ammonium chloride (NH<sub>4</sub>Cl) was used as the leaching agent. Optimal conditions identified for this process were a temperature of 80°C, a 5M NH<sub>4</sub>Cl solution, a leaching duration of 2 hours, and a liquid/solid ratio of 1:25. These parameters confirmed the high selectivity of the leaching agent and demonstrated maximum efficiency. In practice, the obtained solution yielded maximum Zn and Cu recoveries of 93.2% and 67%, respectively. Additionally, the yields for Pb and Cd were 80% and 55%. These results underline the importance of optimizing the concentration of ammonium chloride and leaching parameters to improve the simultaneous extraction efficiency of different metals. The high selectivity and efficiency of ammonium chloride enhance its potential in metal recovery and reduce the environmental impact, opening new possibilities for developing waste recycling methods.*

**Key words:** copper, zinc, lead, cadmium, metal, industrial waste, hydrometallurgical processing.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Қанат Амантайұлы** – PhD докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Физикалық химия, катализ және мұнай химиясы» кафедрасы; e-mail: amantaiuly.kanat@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4244-9629>.

**Ерболат Сайлауханұлы** – PhD, Сәтбаев Университеті; e-mail: s.erbolat@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8417-4136>.

**Нуржан Нурлыбекович Нурғалиев** – PhD, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, «Химиялық технология және экология» кафедрасы; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Сейтхан Азат** – PhD, доцент, Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының меңгерушісі; e-mail: a.seitkhan@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>.

**Қайнаубек Тоштай** – PhD, доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Физикалық химия, катализ және мұнай химиясы» кафедрасы; e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1182-7460>.

#### **Сведения об авторах**

**Қанат Амантайұлы** – PhD, докторант «физической химии, катализа и нефтехимии»; Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби; e-mail: amantaiuly.kanat@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4244-9629>.

**Ерболат Сайлауханұлы** – PhD, Сәтбаев Университет; e-mail: s.erbolat@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8417-4136>.

**Нуржан Нурлыбекович Нурғалиев** – PhD, ст.преподаватель кафедры Химической технологии и экологии, НАО Университета имени Шакарима; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Сейтхан Азат** – PhD, доцент, руководитель лаборатории инженерного профиля, Университета Сатпаева; e-mail: a.seitkhan@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>.

**Кайнаубек Тоштай\*** – PhD, доцент, «Физическая химия, катализ и нефтехимия»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: kainaubek.toshtay@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1182-7460>.

#### Information about the authors

**Amantaiuly Kanat** – PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, department of «Physical Chemistry, Catalysis and Petrochemistry»; e-mail: amantaiuly.kanat@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4244-9629>.

**Yerbolat Sailaukhanuly** – PhD, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: s.erbolat@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8417-4136>.

**Nurzhan Nurlybekovich Nurgaliyev** – PhD, Shakarim university, department of «Chemical technology and ecology»; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Seitkhan Azat** – PhD, associate professor, Satpayev university, head of engineering laboratory, e-mail: a.seitkhan@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>

**Toshtay Kainaubek** – PhD, associate professor, Al-Farabi Kazakh National University, department of «Physical Chemistry, Catalysis and Petrochemistry»; e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1182-7460>.

Редакцияға енуі 19.04.2024

Өңдеуден кейін түсуі 06.05.2024

Жариялауға қабылданды 13.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-68



IRSTI: 65.57.03

**Zhao Dong, Gong Yanuo, Zhang Lixin\***

College of Life Sciences, Northwest A&F University,

Yangling 712100, Shaanxi, China

\*e-mail: 1165392261@qq.com

## RESEARCH PROGRESS ON THE ROLE OF EXOGENOUS ADDITIVES IN THE FERMENTATION OF CIGAR TOBACCO LEAVES

**Abstract:** Cigars are a pure natural tobacco product, with an increasing market share in the Chinese economy. At present, compared with high-quality cigars from abroad, there is still significant room for improvement in the raw materials of Chinese cigars. High quality cigar tobacco leaves need to go through multiple steps such as cultivation, preparation, fermentation, aging, rolling, and maintenance. Among them, fermentation is the main link that affects the improvement of cigar tobacco quality. Therefore, improving fermentation quality and efficiency has increasingly become a focus of research in the field of cigar tobacco. Multiple studies have shown that adding exogenous additives plays an important role in promoting the fermentation of cigar tobacco leaves, which can effectively improve the quality and usability of cigar tobacco leaves. This article reviews the research progress on the effects of adding different types of exogenous additives on cigar fermentation, and looks forward to the research direction and importance of exogenous additives.

**Key words:** cigars, fermentation, exogenous additives, effects, tobacco quality.

### 1. Introduction

With the development of the world economy and the integration of culture, the Chinese cigar market is showing a significant trend of activity. Cigars are pure natural tobacco products, and compared to other tobacco products such as cigarettes, the raw materials of cigars largely determine the characteristics of cigar products [1]. High quality cigar leaves are the basis for producing high-quality cigars. However, high-quality cigar raw materials are mostly produced in countries such as the Dominican Republic, Cuba, and Nicaragua. Relatively speaking, the shortage of domestic cigar

raw materials has become one of the main reasons restricting the development of Chinese cigars. The production of cigars mainly includes multiple processes such as cultivation, air drying, fermentation, rolling, and maintenance. During the fermentation stage, the physical and chemical properties of cigar leaves will undergo significant changes. Fermentation is a natural continuation process of cigar tobacco leaves after cultivation and preparation in the field. Once fermented, the color of cigar tobacco leaves deepens, the green impurities decrease, the aroma is revealed, the taste is gentle, the irritation is reduced, and the ability to resist mold infections is enhanced [2]. The fermentation process is a key manufacturing process that determines the quality of cigar products. Research has shown that fermentation has a certain impact on the appearance quality, physical properties, chemical composition, and smoking quality of cigar tobacco leaves.

Tobacco fermentation can be divided into primary fermentation and secondary fermentation. The primary fermentation mainly promotes the rapid transformation of intrinsic components in tobacco, while the secondary fermentation mainly compensates for the shortcomings in the initial fermentation, making the chemical composition of tobacco more refined, and improving the quality of tobacco. Previous studies have shown that adding microbial agents, enzyme preparations, or other fermentation media during the fermentation process of cigar tobacco can improve the quality of tobacco leaves and enhance their industrial availability.

## **2. Mechanism of Cigar Leaf Fermentation**

At present, there are three hypotheses about the fermentation mechanism of tobacco:

(1) Oxidation: first proposed in 1867 by Nessler and Schlegel from Russia, who both believe that the inorganic catalysts (iron, magnesium) contained in tobacco are the main reasons for promoting tobacco fermentation [3]. This process roughly involves a catalytic reaction between oxygen in the air and the aforementioned elements, resulting in a chemical reaction. As a result, the moisture content of the tobacco leaves after modulation is low, the color of the tobacco leaves turns yellow, most cells lose activity, most enzymes are inactive, and the remaining enzymes have little effect on aging and fermentation.

(2) Enzymatic catalysis: This effect is mainly caused by enzymes such as oxidase, catalase, and peroxidase. Studies have shown that the biochemical process during fermentation is related to the enzymes present in tobacco leaves. There are many enzymes in the cells of tobacco leaves, and their effects are the main factors affecting tobacco fermentation. Enzymatic action is the fundamental driving force for accelerating tobacco fermentation, and the combined action of multiple enzymes forms tobacco fermentation [4].

(3) Microbial action: Xiao Shileputa believes that the activity of microorganisms that take effect at the beginning of fermentation causes fermentation, and the action of inorganic catalysts only begins and occurs in the later stages of fermentation. Reid who conducted cigar fermentation for the first time, found that microbial activity is particularly active during the fermentation process, and the process of microbial activity is closely related to the fermentation process and fermentation quality. Numerous studies have shown that *Bacillus* and *Clostridium* are the dominant bacteria in tobacco fermentation.

## **3. External auxiliary materials**

### **3.1 Overview of auxiliary materials**

Exogenous excipients are artificially added excipients that have a beneficial effect on tobacco fermentation. These excipients are diverse, some of which are anti-corrosion and moisture-proof, including lubricants, flame retardants, mold inhibitors, etc; There are also plant materials, including plant additives, tea extracts and rice paste water, as well as chemical additives such as essence, spices and nanomaterials. It is mostly an economical and environmentally friendly material, so it is widely used in fermentation.

### **3.2 The role of exogenous excipients in cigar fermentation**

Research has shown that using natural plant additives can not only effectively reduce the content of harmful components such as nicotine in tobacco leaves, but also make the aroma of tobacco leaves richer, the taste more mellow and delicate, and improve the quality and usability of tobacco leaves [5]. Liu Shaohua et al. added some plants with medicinal value, such as perilla, astragalus, honeysuckle, sea cucumber, saffron, wormwood leaves, *siraitia grosvenorii*, cloves and cinnamon leaves, into tobacco fermentation as tobacco flavor. The results showed that these plant additives had effects on improving the quality and flavor of tobacco [6]. Li Dan [7] added apple, plum,

maple leaf, jasmine and tobacco extracts as well as chicory and sour horn extracts into essence to tobacco fermentation to improve the quality and flavor of tobacco [8]. Zhang Bingfeng et al. found that when tobacco leaves were fermented with different degrees of fried rice paste water, the total sugar, reducing sugar, and starch content in the leaves significantly increased after fermentation, while the nicotine content slowly decreased. The total amount of aroma components significantly increased, and the overall sensory quality improved [9]. Li Shilin found that rice paste juice has a very significant inhibitory effect on aerobic and anaerobic bacteria in tobacco leaves during fermentation. The more rice paste juice is used, the more obvious the inhibitory effect [10]. Xu Shijie added chrysanthemum, water, green tea extracts, and rice wine to tobacco fermentation, resulting in an increase in total sugar content, a decrease in nicotine and alkaloid content, an improvement in tobacco combustion, and an increase in neutral aroma compounds, which is beneficial for improving tobacco aroma [11]. Yin Quanyu et al. accelerated the degradation and transformation of internal substances, increased the content of reducing sugars, enhanced the sweetness of smoke, reduced irritation, and improved the quality of tobacco leaves through the fermentation of polyethylene pyrrolidone excipients. Adding six acidic substances for fermentation resulted in an increase in the content of volatile and semi volatile aroma components and a decrease in nicotine content after fermentation [12]. Therefore, exogenous excipients play an important role in coordinating chemical composition, improving aroma quality, reducing irritation, and improving taste.

#### **4. Exogenous enzymes**

##### **4.1 Introduction to Exogenous Enzymes**

Enzymes are catalysts of the same type of substance, mainly catalyzing the same type of reaction, with substrate specificity, high catalytic reaction efficiency, and mild reaction conditions. Therefore, in recent years, adding biological enzymes to improve the intrinsic chemical composition of tobacco leaves has been a hot topic in the tobacco industry. Enzymes are involved in the degradation of many substances in tobacco during the modulation and alcoholization process. The content of various endogenous conversion enzymes and other enzymes in tobacco is relatively low, so it is necessary to add exogenous enzymes in tobacco fermentation to improve the quality and flavor formation of tobacco.

##### **4.2 The role of exogenous enzymes in cigar fermentation**

During the fermentation process of cigar tobacco, it is necessary to convert a large amount of macromolecular substances in the tobacco into small molecule substances, which requires the participation of a large number of enzymes. Some of these small molecule substances are precursors of aroma substances, with different types and contents, which can reduce the impurities of the tobacco itself and give it unique aroma characteristics. After modulation, the enzyme content of the tobacco itself is reduced, so adding exogenous enzymes is necessary. Research has found that enzymes play an important role in the fermentation process of tobacco leaves. Enzymes can catalyze the decomposition or synthesis of certain substances in tobacco leaves, thereby improving the coordination of tobacco chemical components and improving the smoking quality of tobacco leaves. The experimental results of Pu Yuanzhu et al. showed that the protein content of tobacco leaves treated with different types of proteases was reduced to varying degrees. At the same time, the aroma quality of tobacco leaves was improved, the taste was more mellow, and the irritation to the oral cavity was also reduced [13]. The research results of Shi Zhifa and others show that using  $\alpha$ - The sensory and suction quality of B3F leaves treated with amylase, glycosylase, and protease were improved. Li Jigang et al. found that the content of module starch and protein in tobacco leaves significantly decreased after being treated with a composite enzyme composed of amylase, saccharifying enzyme, and flavor protease in a certain proportion, resulting in an increase in aroma quality and a significant improvement in smoking quality. Zheng Linlin et al. added four enzyme preparations of different concentrations of phytase, cellulase, pectinase, and neutral protease to tobacco leaves for secondary fermentation experiments, which can improve the coordination of chemical components and sensory quality of tobacco leaves. Ruan Xiangwen et al. found that using cellulase and protease treatment can shorten the fermentation cycle of tobacco leaves, increase the total sugar content of tobacco leaves, and significantly increase the aroma. Xia Bingle found that the total nitrogen and nicotine content of tobacco leaves treated with composite enzyme preparations decreased, the total amount of aroma substances increased, and the sensory quality significantly

improved. Adding exogenous enzymes can significantly improve the aroma and flavor of tobacco leaves, enhance their combustibility, and harmonize the content and ratio of 3 chemical components. Therefore, enzymatic preparations play an important role in balancing chemical components, improving aroma quality, and reducing impurities in tobacco fermentation.

### 5. Microbial diversity

There are many types and huge quantities of microorganisms in tobacco leaves, and research on tobacco leaf microorganisms is becoming increasingly extensive and in-depth both domestically and internationally. The types and methods of identifying microorganisms vary. Research has found that each gram of tobacco contains approximately 50-80000 microorganisms, which can be divided into four categories: bacteria, fungi, actinomycetes, and yeast. Among them, the number of bacteria is the highest, with *Bacillus* being the most abundant and yeast being the least abundant.

According to Table 1, the microorganisms in tobacco leaves include 14 types of bacteria, 10 types of molds, 4 types of actinomycetes, and 2 types of yeast. After research and identification by domestic and foreign scholars on tobacco leaf microorganisms, the common result is that the number and type of bacteria have an absolute advantage in tobacco leaf species. Due to differences in geographical location and environment, the quantity of various microorganisms varies among different varieties of tobacco from different regions.

Table 1 – Statistical table of microbial species of tobacco

Bacteria	Mould	Actinomyce	Yeast
<i>Bacillus</i>	<i>Asperillus</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>Clostridium</i>	<i>Pencillium</i>	<i>Micromonospora</i>	<i>pichia pastoris</i>
<i>Sporolactobacillus</i>	<i>Mucor</i>	<i>Kineosporia</i>	-
<i>Xanthomonas</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Micrococcaceae</i>	-
<i>Micrococcus</i>	<i>Cephalosporium</i>	-	-
<i>Corynebacterium</i>	<i>Syzygites</i>	-	-
<i>Erwinia</i>	<i>Coremium</i>	-	-
<i>Sporosarcina</i>	<i>Fusarium sp.</i>	-	-
<i>Paenibacillus sp.</i>	<i>Tichoderma</i>	-	-
<i>Enterobacter sp.</i>	-	-	-
<i>Citrobacter sp.</i>	-	-	-
<i>Pantoea sp.</i>	-	-	-
<i>Pseudomonas</i>	-	-	-
<i>Lactobacillus</i>	--	-	-

Therefore, the reasons for the differences in the results of microbial identification of various tobacco leaves by domestic and foreign scholars using various methods can be roughly attributed to differences in variety, place of origin, climate environment, identification methods, fermentation time, and conditions.

### 5.2 The role of microorganisms in tobacco fermentation

#### 5.2.1 Accelerate the fermentation process of tobacco leaves

After the tobacco leaves are modulated, the next step is fermentation, which can be divided into agricultural fermentation and industrial fermentation. Adding exogenous substances is generally used in agricultural fermentation. Cigars are divided into primary fermentation and secondary fermentation, with the first fermentation lasting more than 60 days and the second fermentation lasting around 30 days. Studies have shown that applying beneficial microorganisms on the surface of tobacco leaves can significantly shorten the fermentation and aging time of tobacco leaves. In the mid-19th century, Koller first attempted to add yeast to the fermentation of cigar tobacco leaves and found that yeast can greatly shorten the fermentation time of cigar tobacco and improve its taste performance. Subsequently, Xie pointed out that adding *Bacillus subtilis* to the fermentation process of tobacco can shorten the artificial fermentation time to 8 days. Later, some scholars found that the quality of tobacco leaves fermented by microorganisms for 8 days and then aged for 90 days was very close to that of natural fermentation for 20 days and then aged for 730 d-1095 days. Therefore, the application and development of microbial fermentation and aging of tobacco leaves can shorten inventory time, thereby reducing fermentation and aging costs, and has enormous economic potential.

## **5.2.2 Improving the quality of tobacco leaves**

### **5.2.2.1 Regulating the content of chemical components in tobacco leaves**

The main chemical components in tobacco are carbon and nitrogen, with nicotine being the most inorganic nitrogen. Studies have shown that: Chen et al. screened a pseudomonas strain Nic22 that can effectively degrade nicotine from tobacco leaves and tobacco growing soil. The strain can reduce approximately 73.1% of nicotine under pH 6.5 and temperature range of 30-34°C; Ruan et al. isolated a strain of Pseudomonas HF-1 from soil contaminated with tobacco waste, which can degrade 99.6% of nicotine in the culture medium after 25 hours of cultivation under optimal conditions; utilized the isolated Pseudomonas aeruginosa ZUTSKD to degrade 97% of nicotine in the culture medium within 12 hours under certain conditions. In domestic research, Li Jue et al. screened a strain of Agrobacterium tumefaciens or Actinobacterium tumefaciens that can use nicotine as the sole carbon source from tobacco growing soil in Zhangjiajie. After 48 hours of cultivation in a nicotine containing medium, the strain can degrade about 71% of nicotine; Wu Liangwei further screened the strain EA-17 with the strongest nicotine reducing ability from 81 strains of nicotine degrading microorganisms, with a nicotine reducing rate of over 80%. Numerous studies by scholars have shown that Bacillus subtilis strain 11L140, rhizobia strain 5-28, Bacillus thuringiensis strain GZUIFR-YC02, maltophilic oligotrophic bacteria, and Bacillus parahaemolyticus all have extremely strong ability to reduce nicotine. Simply inoculating these microorganisms before tobacco fermentation can increase the organic acid content in tobacco leaves and significantly reduce nicotine content, laying a good foundation for nicotine reduction. From the perspective of carbon sources, studies have shown that the use of microbial agents can promote starch degradation, increase sugar content in tobacco leaves, and thus improve tobacco quality. Within the same aging time, the better the quality of tobacco, the greater the number and variety of leaf microorganisms.

#### **5.2.2.2 Reducing TSNA content in tobacco leaves**

Tobacco specific nitrosamines (TSNA) are a harmful substance unique to tobacco. The use of microorganisms to reduce the content of TSNA in tobacco leaves and smoke and improve the safety of tobacco products is an emerging research hotspot. The microorganisms that have been studied for the degradation of nicotine are mainly bacteria [33]. The use of efficient denitrifying bacteria can reduce nitrate to nitrite, further reducing it to gas, thereby achieving the goal of reducing TSNA content. Spraying the fermentation broth of the foul-smelling Pseudomonas T1-2 and T2-2 directly onto the surface of the upper tobacco leaves, the nitrate degradation rate was highest after 14 days of aging at 28°C and 45% relative humidity, reaching 2.25% and 8.05%, respectively. The nitrite reduction rate was highest after 21 days of aging, reaching 19.90% and 20.99%, respectively [34].

#### **5.2.2.3 Increase the content of aroma compounds in tobacco leaves**

The aroma substances and types of tobacco are the most important indicators for evaluating the sensory quality of tobacco products during smoking, and they are also one of the most important factors that consumers value. Therefore, increasing the content of aroma compounds in tobacco leaves is particularly important. In 1953, Tamayo et al. first conducted an experiment on microbial inoculation to enhance the aroma of tobacco. The study confirmed that Bacillus and Streptococcus can improve the aroma of tobacco. Since then, many tobacco aroma producing microorganisms have been reported. For example, it has been proven that microorganisms belonging to the pan bacterial genus can degrade carotenoids to produce important aroma compounds in tobacco, and only some actinomycetes have the ability to catalyze the production of vanillin from ferulic acid. For tobacco leaves, after inoculation with Klebsiella pneumoniae, Bacillus thuringiensis strain V16, or Bacillus thermophilus on their leaves, sensory evaluation shows that the tobacco leaves quickly produce a pleasant aroma; Through the analysis of the chemical components of tobacco leaves, it was found that the content of aromatic components such as aldehydes, ketones, phenols, alcohols, acids, and heterocycles in tobacco leaves has increased to varying degrees. In addition, the overall aroma quality of reconstituted tobacco leaves by papermaking method was significantly improved by coating them with microbial fermentation enhancing concentrate, and then adding aroma evaluation by rolling and smoking. In summary, it is feasible and extremely important to add microorganisms to enhance the aroma of tobacco leaves.



### 5.3 Inhibition of tobacco leaf mold

Due to the long fermentation and aging time of tobacco leaves, a slight negligence can lead to tobacco leaf mold, and the annual losses caused by mold are enormous. Researchers isolated and screened five dominant microorganisms (M1, M2, M3, M4, M5) from tobacco, and found that they all had varying degrees of inhibitory effects on the growth and reproduction of mold on the culture medium, tobacco cut, and tobacco leaf surface. Among them, the M1 strain had the most significant inhibitory effect on mold growth. Han Jinfeng isolated and identified the microorganisms on the surface of tobacco leaves during artificial fermentation, and compared the dynamic changes of microorganisms during different fermentation processes. The results showed that the number of microorganisms on the surface of unfermented tobacco leaves was the highest. With natural aging and artificial fermentation, the number of microorganisms on the surface of tobacco leaves gradually decreased, while the number of fungi gradually decreased. During the artificial fermentation process, the number of molds has increased. A biological preparation (TFA) was prepared by mixing and screening several dominant strains of bacteria for tobacco fermentation. The results showed that TFA can accelerate tobacco fermentation, improve the quality of fermented tobacco leaves, and also have the effect of inhibiting tobacco mold.

### 6. Expectation

High quality cigar tobacco leaves need to go through multiple steps such as cultivation, preparation, fermentation, rolling, and maintenance, among which fermentation is the main link that affects the improvement of cigar tobacco quality. In recent years, there has been an increasing amount of research on the addition of exogenous substances in cigar fermentation, which has become a focus of research in the tobacco industry. The author believes that the role and prospects of exogenous additives in cigar tobacco fermentation in the future are mainly reflected in the following three aspects: firstly, excipients, biological enzymes, and microorganisms have certain beneficial effects on cigar fermentation, and some aspects have similar effects. Secondly, it can be considered to continue exploring whether the combination of different types of exogenous additives that have not been used for cigar fermentation will have a 1+1>2 effect, and further investigate the mechanism of its occurrence. Thirdly, the addition of different exogenous substances can have different effects and achieve different results. Therefore, exogenous additives can be added to cigars according to the desired target quality to reduce costs and improve quality.

### Conclusion

At present, there is a lack of in-depth research on the fermentation mechanism of cigars, and the metabolic mechanism of cigar fermentation is not yet clear. Especially after adding exogenous substances, it will affect the fermentation process of cigars to varying degrees, thereby affecting the quality of cigars. We should deepen our research on the metabolic mechanism of cigar fermentation, clarify the process of substance conversion, and provide theoretical basis for the cigar fermentation process, accurately control cigar fermentation, and improve the quality of tobacco leaves.

### References

1. Huang Kai. The ideas and strategies for promoting the high-quality development of domestic cigar tobacco leaves / Huang Kai // J. Anhui Agricultural Science. – 2023. – № 51(11). – P. 243-246, 251. DOI: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20230349856>.
2. Tan Shu. Research progress on the effect of fermentation on the quality of cigar tobacco leaves / Tan Shu, Zeng Yang, Zeng Jianping // J. Anhui Agricultural Science. – 2023. – № 51(18). – P. 16-19. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2006.03.005; <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract>.
3. Research progress on tobacco fermentation / Liu Chunkui et al // J/ Guangxi Light Industry/ – 2011. – № 11. – P. 15-16. <http://www.cqvip.com/qikan/Detail.aspx>.
4. Tamayo A.I. Microbiology of the fermentation of Spanish tobacco / A.I. Tamayo, F.G. Cancho // C. international Congress of Microbiology. – 1953. – P. 48-50.
5. Meng Dongling. Research progress on the application of herbal additives in Chinese cigarettes Guangxi Tobacco / Meng Dongling, Liu Shaohua – 2006. – № 3. – P. 20-22. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract>. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2006.03.005.
6. Luo Yi, Liu Shaohua, Meng Dongling, Huang Taisong, Li Youquan 2007. A Chinese herbal additive for smoking CN1931039.

7. Li Dan, Zhao Ruifeng, Ye Rongfei, Wu Jinming 2018. Tobacco ingredient essence formula and its application in improving the sensory quality of upper tobacco leaves CN108329995A
8. Zhang Bingfeng, Zhao Yuanyuan, Qin Yanqing, Ren Mengjuan, Zhang Lanyue, Zeng Dailong, Zhang Ruina, Lei Yunkang, Shi Hongzhi. The effect of rice paste water fermentation with different frying degrees on the chemical composition and aroma quality of cigar tobacco leaves[J/OL]. Tobacco Technology. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1137.ts.20230324.0920.002.html>
9. Li Shilin, Wang Yijun, Zhang Bobo, Tang Chaoqi, Xu Ganrong (2016). The effect of rice paste juice on microorganisms during tobacco fermentation process [J] Biological processing. DOI: 10.3969/j. issn 1672-3678 February 2016 008
10. Jiang Lihui. The effect of six additives on the content of volatile and semi volatile components in tobacco leaves / Jiang Lihui, Zhang Min, Sun Kaijian // J Chemical Research. – 2014. – № 25(4). – P. 398-404. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract>. DOI: 10.14002/j.hxya.2014.04.013.
11. The effects of exogenous enzyme preparations on the chemical composition and sensory quality of cigar core tobacco leaves / Zheng Linlin et al // J Tobacco Technology. – 2022. – № 55(10). – P. 26-33. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract>. DOI: 10.16135/j.issn 1002-0861.2022.0270.
12. Changes in Enzyme Production and Volatile Flavor Substances in Tobacco Leaves Fermented by Composite Fungi / Shuai Yao et al // J. Henan Agricultural Science. – 2020. – № 49(10). – P. 162-175. DOI: 10.15933/j.cnki.1004-3268.2020.10.23.
13. Research on improving the quality of low-grade tobacco leaves through secondary fermentation of *Aspergillus niger* and distiller's grains [J]. Anhui Agricultural Science / Shao Dengyin et al // J. Anhui Agric. Sci. – 2023. – № 51(16). – P. 178-181.

**Чжао Донг, Гонг Януо, Чжан Лисин\***

Жаратылыстану ғылымдары колледжі,  
Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университеті,  
Янлин 712100, Шэньси, Қытай  
e-mail: 1165392261@qq.com

#### **ТЕМЕКІ ЖАПЫРАҚТАРЫН АШЫТУДАҒЫ ЭКЗОГЕНДІК ҚОСПАЛАРДЫҢ РӨЛІН ЗЕРТТЕУ БАРЫСЫ**

*Сигаралар – бұл Қытай экономикасындағы нарық үлесі артып келе жатқан таза табиғи темекі өнімі. Қазіргі уақытта шетелден келген жоғары сапалы сигаралармен салыстырғанда Қытай сигараларын өндіру үшін шикізат сапасын жақсартудың әлі де айтарлықтай әлеуеті бар. Жоғары сапалы темекі жапырақтары өсіру, дайындау, ашыту, қартаю, бұралу және күтім сияқты көптеген кезеңдерден өтуі керек. Олардың ішінде ашыту темекі сапасының жақсаруына әсер ететін негізгі буын болып табылады. Сондықтан ашытудың сапасы мен тиімділігін арттыру темекі өндірісі саласындағы зерттеулердің тақырыбына айналуға тиіс. Көптеген зерттеулер экзогендік қоспаларды қосу темекі жапырақтарының ашытуын ынталандыруда маңызды рөл атқаратынын көрсетті, бұл темекі жапырақтарының сапасы мен ыңғайлылығын тиімді жақсартып алады. Бұл мақалада экзогендік қоспалардың әртүрлі түрлерін қосудың сигараны ашытуға әсері туралы зерттеу барысы қарастырылады, сонымен қатар зерттеу бағыты мен экзогендік қоспалардың маңыздылығы қарастырылады.*

**Түйін сөздер:** *сигаралар, ашыту, экзогендік қоспалар, әсерлер, темекі сапасы.*

Чжао Донг, Гун Януо, Чжан Лисинь\*

Колледж естественных наук, Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства,  
Янлин 712100, Шэньси, Китай  
\*e-mail: 1165392261@qq.com

#### **ХОД ИССЛЕДОВАНИЙ РОЛИ ЭКЗОГЕННЫХ ДОБАВОК В ФЕРМЕНТАЦИИ ЛИСТЬЕВ СИГАРНОГО ТАБАКА**

*Сигары – это чистый натуральный табачный продукт, доля рынка которого в экономике Китая растет. В настоящее время, по сравнению с высококачественными сигарами из-за рубежа, все еще существует значительный потенциал для улучшения качества сырья для производства китайских сигар. Высококачественные листья сигарного табака должны пройти множество*

этапов, таких как выращивание, подготовка, ферментация, выдержка, скручивание и уход. Среди них ферментация является основным звеном, влияющим на улучшение качества сигарного табака. Поэтому повышение качества и эффективности ферментации все чаще становится предметом исследований в области производства сигарного табака. Многочисленные исследования показали, что добавление экзогенных добавок играет важную роль в стимулировании ферментации листьев сигарного табака, что может эффективно улучшить качество и удобство использования листьев сигарного табака. В этой статье рассматривается ход исследований влияния добавления различных типов экзогенных добавок на ферментацию сигар, а также рассматривается направление исследований и важность экзогенных добавок.

**Ключевые слова:** сигары, ферментация, экзогенные добавки, эффекты, качество табака.

#### Information about the authors

**Zhao Dong** – Master student, College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; e-mail: 2957059981@qq.com

**Gong Yanuo** – Master student, College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; e-mail: 2928657202@qq.com

**Zhang Lixin\*** – Professor, College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; e-mail: 1165392261@qq.com

#### Авторлар туралы ақпарат

**Чжао Донг** – Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университетінің жаратылыстану ғылымдары колледжінің магистранты, Янлин 712100, Шэньси, Қытай; E-mail: 2957059981@qq.com

**Гонг Януо** – Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университетінің жаратылыстану ғылымдары колледжінің магистранты, Янлин 712100, Шэньси, Қытай; E-mail: 2928657202@qq.com

**Чжан Лисин\*** – Солтүстік-батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университетінің жаратылыстану ғылымдары колледжінің профессоры, Янлин 712100, Шэньси, Қытай; E-mail: 1165392261@qq.com

#### Информация об авторах

**Чжао Донг** – магистрант Колледжа естественных наук Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, Янлин 712100, Шэньси, Китай; e-mail: 2957059981@qq.com

**Гонг Януо** – магистрант Колледжа естественных наук Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, Янлин 712100, Шэньси, Китай; e-mail: 2928657202@qq.com

**Чжан Лисинь\*** – профессор Колледжа естественных наук Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, Янлин 712100, Шэньси, Китай; e-mail: 1165392261@qq.com

Received 26.03.2024

Revised 12.05.2024

Accepted 13.05.2024

DOI: 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-69



IRSTI: 65.57.03

**Yu Yao, Zhang Aojie, Zhang Lixin\***

College of Life Sciences, Northwest A&F University,  
Yangling 712100, Shaanxi, China

### SCREENING OF XYLANASE PRODUCING STRAINS AND ITS APPLICATION IN FLUE-CURED TOBACCO LEAF FERMENTATION

**Abstract:** In this experimental study, a strain producing xylanase extracted from tobacco leaf was developed. Through the basic strain screening method and xylanase activity determination, strain M416 with the highest enzyme activity was preliminarily identified and M416 was *A. niger*, the enzyme has biological safety and can be used in the fermentation process of flue-cured tobacco. The fermentation conditions were optimized by shaking the flask culture, in which the best formulation of xylanase production from *A. niger* and the optimal culture temperature, pH, inoculum amount and culture time were obtained. Under the optimal fermentation and aroma production conditions, the strain are evenly sprayed to the surface of tobacco leaf to

*determine the changes of the composition and content of aroma substances in the fermentation process, and evaluate the influence of xylanase producing niger on the aroma composition in the process of tobacco leaf fermentation, which shows that the strain can effectively increase the content of aroma substances.*

**Key words:** xylanase, screening, identification, optimization, aroma substances, fermentation and aroma production/

## Introduction

Technical enzymes can be used as purified enzymes, partially purified enzymes or whole cells containing functional catalytic activities and are often obtained from a natural source or by recombinant expression in bacteria or yeast. There is also increasing interest in the use of plants as host expression systems for technical enzymes because their production can be easily scaled up with low production costs [1].

Xylan is a multimeric five-carbon sugar that is an important component of plant hemicellulose. It accounts for one-half of the total plant carbohydrates and is the second most abundant renewable resource in nature after cellulose. It is found in the cell walls of plants and in almost all parts of the plant [2]. Xylanase is a generic term for a class of enzymes that degrade xylan into oligosaccharides or xylose. The complete enzymatic degradation of a xylan molecule can be accomplished by endogenous xylanases (endo-beta-1,4-D-xylanase, EC 3.2.1.8) and xylosidases (beta-D-xylosidase, EC 3.2.1.37). Among them, xylanase can degrade xylan into oligo-xylan and xylan monosaccharides, which has a broad application prospect in feed, pulp and paper, food and pharmaceutical industries [3]. Many different technologies have been developed to produce xylanases in plants using stable transformation methods [4].

The study of xylanase transgenic plants has only begun in recent years Herbers et al. first expressed xylanase proteins derived from *Clostridium thermocellum* and *Ruminococcus flavefaciens* in tobacco, and the two xylanases were both expressed and showed activity [5-8]. Subsequently, xylanases from different sources were expressed and showed enzymatic activity in oil bodies of oilseed rape, barley seeds and rice, respectively [9-12]. The transgenic plants obtained in these studies were able to grow and develop normally. But the recombinant enzyme activity obtained in these transgenic plants was low.

In the process of tobacco fermentation, xylanase is the main component, which is involved in the sugar metabolism and amino acid synthesis of tobacco, and plays a key role in the colour, aroma, taste and freshness of tobacco. Xylanase causes the release of sugars from tobacco leaves, and as a result, the smoke becomes mellow and long, and the taste of tobacco is better [13]. Therefore, isolation of enzyme strains and qualitative fermentation of xylanase play an important role in the allocation of high quality tobacco. In the present study, xylanase-producing strains were isolated by targeted screening from tobacco fields and strain banks and applied in the fermentation of roasted tobacco.

## Methodology

The test method is appropriately modified with reference to the experimental programme of GB/T 7714-2015[14], which is operated as follows:

Experimental material

Microbiological samples for isolation and Medicines

The soil was taken from a tobacco field at a depth of 10-15cm, dried at room temperature and sieved through a 60-mesh sieve.

NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS), phenol, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, potassium sodium tartrate, dextrose, peptone, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, xylose, oat xylan (Sigma Company), all reagents were analytically pure.

Culture medium and Rescreen strain

Enrichment medium: xylan 1%, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2.0%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.2%, pH natural.

Plate isolation medium: add 2% agar to the enrichment medium to form plate isolation medium.

Slant medium: PDA medium.

Enzyme production medium: corn kernel meal 5.0%, glucose 0.5%, ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.5%, MgSO<sub>4</sub> 0.1%, Tween 80 0.01%, pH 6.5.

Complex sieving medium: corn kernel meal 5%, glucose 0.5%, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.5%,

MgSO<sub>4</sub> 0.1%, Tween 80 0.01%, pH 6.5.

Nine strains with higher hyaline rings were identified from the initial screening and numbered M401, M402, M407, M409, M410, M412, M416, M421, and M425.

### Experimental Methods

#### Preliminary screening of strains

(1) Enrichment culture: the enrichment medium is divided into test tubes, and after sterilisation, each soil sample is separately connected to the enrichment culture solution test tube, each test tube is about 0.1 g of soil samples, and is incubated at 30°C for 3~4d.

(2) Transparent circle method of primary screening: the enrichment of soil samples diluted to a certain concentration of liquid were inoculated into the separation of the plate, and placed in 30°C culture for 3~4 d, to observe the colonies and colonies around the emergence of transparent hydrolysis circle and regular measurement. The diameter of transparent circle/colony diameter is HC value.

(3) Strain purification: use the line method and dilution plate method to isolate and purify the above strains that produce hyaline circle, pick a single colony into the slant, 30°C culture for 3~4 d, save for later.

#### 1.2.2 Re-screening of xylanase-producing strains

(1) Cultivation conditions of fermentation strains in shaking flasks: culture temperature 30°C, rotational speed 150r/min, culture cycle 72h.

#### (2) Determination of xylanase enzyme activity:

Definition of xylanase enzyme activity: under the condition of 50°C and pH4.8, the amount of enzyme required to decompose the substrate xylan to produce the amount of reducing sugar equivalent to 1 μmol of xylose per minute is defined as a unit of enzyme activity, which is expressed as U.

Reagents: DNS reagent, pH4.8 acetic acid-sodium acetate buffer solution and 1% xylan solution were prepared with reference to GB/T23874-2009 standard.

Determination of xylanase activity Drawing xylose standard curve Take 8~10mL corked graduated test tubes, add xylose concentration of 0.00, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70 xylose standard solution 1.00mL, add 0.5M acetic acid-sodium acetate buffer (pH4.8) 1.00mL. add 3mL DNS reagent, mix thoroughly, and set in a room, and then add 0.5M acetic acid-sodium acetate buffer solution (PH4.8). Add 3mLDNS reagent, mix thoroughly, boil in boiling water bath for 5min, then quickly cool it down to room temperature with cold water, and then volume it to 10mL, and measure the absorbance value at 540nm. The absorbance value was measured at 540nm. Taking the absorbance value as the horizontal coordinate and the xylose content as the vertical coordinate, the standard curve was plotted and the regression equation was fitted, and the linear regression equation was obtained as  $y=0.0465x+0.0092$ , which is shown in Figure 1, and the regression coefficient of the linear regression equation was 0.9995, which is above 0.9990, and it is in line with the requirement of the linear regression equation.

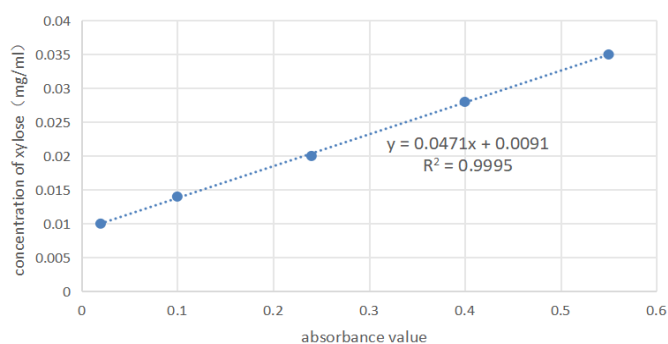


Figure 1 – Xylose standard curve

#### Determination of enzyme activity

Blank control: Take the sample in a centrifuge tube and centrifuge it at 5000r/min for 5min, take the supernatant and dilute it appropriately. Pipette 1.0mL of the diluted sample, add 3.0mL DNS reagent, mix thoroughly, then add 1% xylan substrate 1.0mL, react at 50°C for 15min, put it into a

boiling water bath and boil for 5min, then cool it down to room temperature with cold water quickly, and then fix it to 10mL, and then measure the absorbance value at 540nm.

Measurement of samples: Take samples by centrifuge tube, centrifuge at 5000r/min for 5min, take the supernatant and dilute it appropriately, so that the absorbance value of the final measurement can be controlled between 0.2 and 0.3, if the absorbance value is out of the range, the dilution of the samples needs to be adjusted. Pipette 1.0mL of the diluted sample, add 1% xylan substrate 1.0mL, react at 50°C for 15min, add 3.0mLDNS reagent, mix thoroughly, place in a boiling water bath and boil for 5min, quickly cool it to room temperature with cold water and then set it to 10mL, measure the absorbance value at 540nm, and then adjust the value to zero with the blank control.

The xylanase activity was then calculated by substituting the absorbance value of the sample into the following equation (1):

$$\text{Xylanase activity} = W \times D \times 1000 / 150.13 \times 15 \times 1.0 \quad (1)$$

In the formula:

W (mg): the amount of xylose produced by enzymatic reaction, obtained from the standard curve  $y=ax+b$ ;

D: dilution times;

1000: conversion factor from mg to  $\mu\text{g}$ ;

150.13: molecular weight of xylose;

15: enzymatic reaction time (min);

1.0: sample volume of the reaction system (mL).

Identification of strains

Observation of colony morphology and microscopic morphology: Inoculate the test strain into liquid medium, incubate at 30°C for 48h, dip the inoculating needle into a small portion of the bacterial liquid, and then connect it to the centre of the PDA plate, and inoculate a total of 4 plates, 2 plates were used to observe the colony morphology, and 2 plates were used to observe the micro morphology of the hyphae and spores by using sterilized tweezers inserted obliquely into 4 pieces of sterilized coverslips about 2cm away from the point of inoculation. The other 2 plates were inserted diagonally into 4 pieces of sterilised coverslips each with sterilised forceps about 2 cm away from the inoculation point. The plates were placed in the incubator at a constant temperature of 30°C, and the growth of the colonies was observed regularly, and the microscopic observation of conidiophores, conidia and mycelium was carried out in time.

Identification methods: Morphological identification refer to Wei Jingchao «Fungal Identification Manual».

Optimisation of the fermentation conditions

The enzyme activity was used as the index to optimize the medium and culture conditions by single-factor tests on medium formulation, incubation temperature, initial pH, water content, inoculum amount and fermentation time. Each experiment was done 3 times in parallel and 2 times in repetition. The fermentation broth was roughly filtered with a filter cloth, and then centrifuged at 10000 r/min for 5 min to test the enzyme activity.

Strain in the fermentation process of roasted tobacco

After the screened strains were cultured under the optimal fermentation conditions, the fermentation broth was uniformly sprayed onto the surface of the tobacco leaves, and the unsprayed place was used as the control, and the tobacco leaves were put into the biofermentation cabinet for fermentation, and the samples were sampled every 1 d for measurement.

## Results of research

Preliminary screening of strains

Some of the results of the initial screening are shown in Table 1. Figure 2 shows the hyaline circle diagram of the M416 strain that produced the largest hyaline circle after 21 strains were cultured. After the experimental culture, the size of the obvious transparent hydrolysis circle appeared on 21 petri dishes was recorded and compared, and the strains that produced relatively larger transparent hydrolysis circle indicated that they were more effective in hydrolysis of xylan.

Therefore, a total of 9 HC strains, M402, M406, M407, M409, M410, M412, M416, M418, and M421, were obtained for further re-screening.

Table 1 – The results of initial screening of xylanase-producing bacterial strains

Strain	HC value	Strain	HC value	Strain	HC value
M401	1,59	M408	1,37	M415	1,35
M402	1,68	M409	1,95	M416	1,96
M403	1,32	M410	1,88	M417	1,45
M404	1,55	M411	1,45	M418	1,61
M405	1,47	M412	1,90	M419	1,43
M406	1,64	M413	1,29	M420	1,20
M407	1,99	M414	1,49	M421	1,85

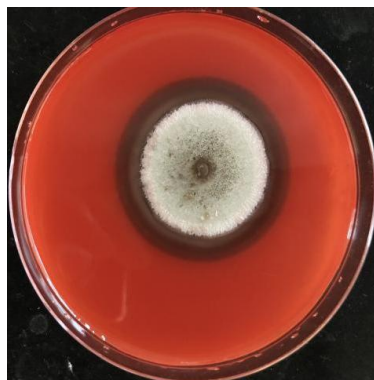


Figure 2 – M416 Transparency Ring Picture

#### Re-screening of xylanase-producing strains

The nine strains with higher enzyme activity were cultured in shake flasks, The absorbance values of the samples were determined separately after incubation and the corresponding enzyme viability values were calculated, and the results are shown in Table 2. From Table 1 and Table 2, the transparent circles of strains M402 and M406 were 1.68 and 1.64, and the enzyme activity of strains M402 and M406 was measured to be 72.36 U/mL and 52.53 U/mL, indicating that the size of the transparent circle was positively correlated with that of the enzyme activity, and so this method can be used to screen the hydrolysable xylanase-producing strains.

The results showed that M416 had the highest xylanase enzyme activity.

Table 2 – Enzyme vigour of rescreened strains

Strain number	Enzyme viability (U/mL)
M402	72,36
M406	52,53
M407	37,83
M409	50,32
M410	62,30
M412	45,77
M416	92,15
M418	85,37
M421	27,08

#### Identification of strains

##### Colony Characterisation

Figure 3 shows the growth status of the strains after 40h of fermentation in shake flasks. Colonies were cultured on PDA medium plate at 30°C for 4 d, with a diameter of 4-5 cm. the texture was thick velvety to flocculent, dark brown to black, the back of the colony was light yellowish brown, and the colony was in the shape of a straw hat, with radial extensions to the edge of the colony, see Figure 4.

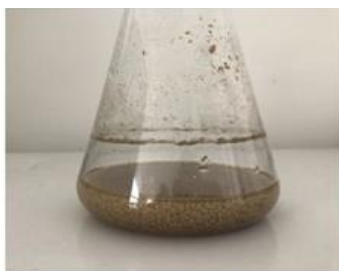


Figure 3 – Growth status of strains in shake flask fermentation for 40h

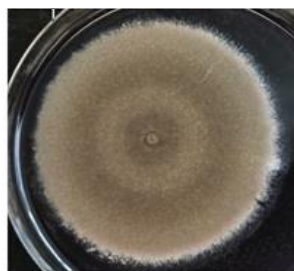


Figure 4 – M416 Colony Picture

#### Individual morphological characteristics

Mycelium is transparent, colourless and septate, part of it extends into the medium, part of it is aerial mycelium, mycelial cells are multinucleate; part of the mycelial cells form thick-walled, expanded foot cells, which extend vertically upwards in the middle of the foot cells to form a conidial peduncle, see Figure 5.



Figure 5 – M416 mycelium morphology

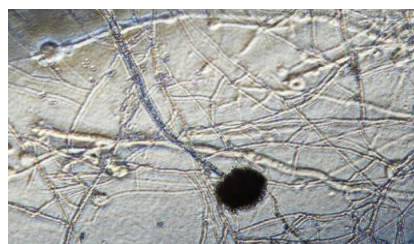


Figure 6 – Morphology of M416 conidial heads

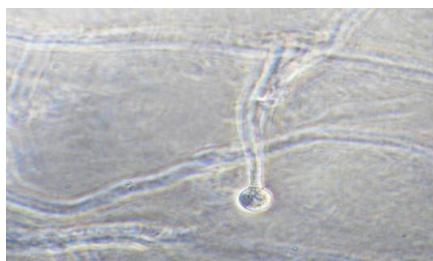


Figure 7 – Morphology of the M416 top capsule



Figure 8 – M416 double-stacked peduncle

Conidiophore: diameter 10-20µm, length 1000-3000µm, wall thick and smooth, colourless. Conidiophores were spherical, radial, generally 300-800 µm in diameter, see Figure 6; acrospores were subglobose or flask-shaped, 30-60 µm in diameter; conidia were spherical to subglobose, black, 5-6 µm in diameter, see Figure 7 and Figure 8. The strain was identified as *Aspergillus niger* in the subphylum Deuteromycotina, class Hyphomycetes, class Hyphomycetales, family Moniliales, genus *Aspergillus*.

#### Strain safety description:

According to GB2760-2014 National Standard for Food Safety – Standard for the Use of Food Additives, Schedule C.3 "List of Enzyme Preparations for Food and their Sources", the requirements of strains for the production of enzyme preparations used for food contain about 20 species such as *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, yeasts and actinomycetes. M416 was identified as *Aspergillus niger* and can be used for enzyme production for food.

#### Optimisation of the fermentation conditions

##### Effect of carbon and nitrogen sources and inorganic salts on enzyme activity

The different media were configured according to the formulation in Table 3 below, the optimum formulation for xylanase production by *Aspergillus niger* was obtained by comparing the effects of different carbon and nitrogen sources and inorganic salts on enzyme activity. The results showed that corn kernel and bran were the best carbon sources to promote xylanase production by *Aspergillus niger* strains. The inorganic salt  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  favoured the enzyme production by the strain, and its effect was better than that of the organic nitrogen source soya bean cake flour. The highest



enzyme activity was achieved when the ratio of corn kernel to bran was 8:2 and  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  was added at 1%, and the enzyme activity reached 220.5 U/mL.

Table 3 – Enzyme viability of different culture media

Composition of the culture medium	Proportions	Enzyme viability (U/mL)
Corn cobs: bran: soya bean cake flour	7:2:1	185,2
Corn cobs: bran: soya bean cake flour	2:6:2	106,4
Corn cobs: bran: soya bean cake flour	7:2:1	89,5
Corn kernels: maize flour, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	7:2, 1,0%	96,4
Bran: maize flour, $\text{KH}_2\text{PO}_4$	8:2, 0,5%	101,8
Bran: soya bean cake flour	8:2	65,6
Corn cobs: Bean cake flour	8:2	79,8
Corn cobs: bran, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	8:2, 1%	220,5

#### Effect of the incubation temperature on the enzyme viability

The results in Table 4 showed that the enzyme viability was highest at the incubation temperature of 30°C with consistent inoculum and culture conditions. In the culture process, it was found that 20°C, 25°C, 40°C, 40°C, 45°C are not suitable for the growth of *A. niger*, small biomass, resulting in low enzyme vitality; 35°C, *Aspergillus niger* biomass, but not conducive to the secretion of enzyme production, resulting in low enzyme vitality.

Table 4 – Relationship between incubation temperature and enzyme production

Incubation temperature (°C)	Enzyme activity (U/mL)
20	65,1
25	48,5
30	208,7
35	153,2
40	67,9
45	51,3

#### Effect of the initial pH on the enzyme viability

The results in Table 5 showed that the pH had a significant effect on the enzyme production ability of *A. niger*, with the appropriate pH range of medium starting from 6 to 7 and the highest enzyme viability at pH of 6.5.

Table 5 – Effect of material initial PH on enzyme activity

pH	Enzyme activity (U/mL)
5,0	86,2
6,0	185,9
6,5	220,1
7,0	192,6
8,0	56,5
9,0	47,9

#### Effect of the inoculum size on the enzyme viability

Table 6 results indicate that the inoculum size affects the enzyme viability of xylanase production in *A. niger*. With the increase of the inoculum, the enzyme production capacity of *A. niger* tended to increase first and then weaken, with the highest enzyme viability at 5%, reaching 214.0U/mL. When the inoculum capacity is too small, the fermentation is slow; when the inoculum is too large, the rapid growth of bacteria leads to the lack of nutrients and oxygen, causing premature failure of bacteria, thus affecting the decline of enzyme production ability.

Table 6 – Effects of inoculum size on enzyme activity

Inoculum size (%)	Enzyme activity (U/mL)
1,0	139,8
3,0	156,3
5,0	214,0
7,0	122,6
9,0	109,5

### Effect of incubation time on enzyme viability

The results are shown in Table 7. According to the table, after 36h of fermentation, the enzyme activity was 46.5U/mL, and then gradually increased, and at 72h, the highest enzyme activity reached 221.1U/mL. In the late stage of fermentation, the enzyme vitality is gradually reduced because the nutrients are gradually consumed. Therefore, the fermentation period was selected for 72h.

Table 7 – Effect of incubation time on enzyme activity

Incubation time (h)	Enzyme activity (U/mL)
36	46,5
48	68,3
60	126,9
72	221,1
84	174,6
96	142,7

### Strain in the fermentation process of roasted tobacco

The Table 8 and 9 were obtained after analysis by high performance liquid chromatograph. There were different aroma substances under different aroma types, and the content of aroma substances between the experimental group and the control group varied from the first day to the seventh day of fermentation. In general, the total content of aroma substances in the experimental group was higher than that of the control group.

Table 8 – Changes of neutral aromatic substances content in CK tobacco

Odorous constitue	Odorous constitue	Neutral fragrances content (µg/g)						
		1	2	3	4	5	6	7
Degradati on products of plastid pigments	Geranylacetone	2,15	2,13	1,16	1,05	1,43	1,19	1,14
	4-(2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexe	4,80	2,32	1,49	3,54	0,63	2,26	1,45
	(2R,6R)-6,10-dimethyl-2-prop-1-en-2-yl-spiro[4.5]dec-9-en-8-one	1,93	2,15	1,51	1,03	2,25	1,78	1,68
	Megastigmatrienone D	3,82	2,91	1,96	2,72	3,04	2,54	2,91
	Megastigmatrienone B	2,18	2,12	0,82	1,83	1,36	1,38	1,41
	Megastigmatrienone A	-	-	-	0,41	-	-	-
	Linalool	0,66	0,78	0,88	0,76	0,89	0,78	0,87
	Farnesyl acetone	9,02	8,52	5,48	4,20	7,29	7,82	5,89
	2,6,6-Trimethyl-2-hydroxycycl	0,93	1,09	0,70	0,59	0,86	0,62	1,00
	beta-Damascenone	12,05	9,65	7,74	8,10	8,46	7,69	7,69
Total	37,54	31,68	21,76	24,21	26,21	26,06	24,03	
Phenylalani ne aromatic substances	Dibutyl phthalate	4,90	3,62	-	-	-	-	-
	1,4-Benzenedicarboxylicacid	1,89	7,50	3,09	1,09	1,44	1,97	2,30
	Phenylacetaldehyde	0,59	0,73	0,61	0,49	0,69	0,58	0,74
	Total	7,39	11,85	3,70	1,58	2,12	2,55	3,04
Cypress like degradation products	Solanone	47,90	39,25	28,55	29,32	30,78	27,61	29,20
	b-Cembrenediol	31,80	28,55	39,49	33,38	47,57	31,71	37,08
	Total	79,70	67,80	68,03	62,70	78,36	59,32	66,28
Maillard reaction products	Furfural	4,50	8,04	5,08	2,61	4,96	3,52	3,68
	γ-sitosterol	1,15	1,47	0,65	0,69	0,58	0,74	0,88
	Total	5,65	9,52	5,73	3,29	5,53	4,26	4,56
Other fragrance substanc es	Methyl hexadecanoate	1,58	1,40	1,84	0,84	1,64	2,12	2,62
	Palmitic acid	23,88	44,24	42,11	10,35	52,81	42,23	50,07
	Linolenic acid	8,62	8,87	8,86	8,80	8,44	9,94	10,15
	Geranylgeraniol	49,18	40,44	36,30	24,22	47,27	46,41	41,05
	Nootkatone	2,40	1,71	1,64	1,20	2,03	1,25	1,88
	Eicosane	0,94	1,09	0,78	0,51	1,61	0,81	5,50
	Thunbergol	2,00	2,88	2,37	1,74	1,73	3,45	2,05
	2-Methylcosane	2,36	6,29	3,08	0,97	4,56	3,59	2,51
	triacontanol	37,05	41,23	28,33	12,91	40,68	50,03	34,75
Total	128,01	148,15	125,30	61,53	160,76	159,83	150,59	
Neophytadiene	288,25	243,92	222,53	185,38	240,73	219,81	231,70	
Total	546,54	512,91	447,05	338,71	513,72	471,83	480,20	

Table 9 – Changes of neutral aromatic substances content in spraying xylanase tobacco

Odorous constitute	Odorous constitute	Neutral fragrances content (µg/g)						
		1	2	3	4	5	6	7
Degradation products of plastid pigments	Geranylacetone	3,37	2,35	1,83	2,26	1,61	1,51	1,32
	4-(2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexe	1,55	2,74	2,31	3,85	2,74	2,95	2,92
	(2R,6R)-6,10-dimethyl-2-prop-1-en-2-yl-spiro[4.5]dec-9-en-8-one	3,52	3,01	2,53	2,69	2,58	2,50	2,19
	Megastigmatrienone D	5,12	4,54	4,65	5,75	5,18	4,55	3,66
	Megastigmatrienone B	2,89	2,17	2,21	3,00	2,41	2,20	1,50
	Megastigmatrienone A	1,12	-	0,64	0,71	0,79	0,68	0,66
	Linalool	1,40	1,22	1,40	1,49	1,19	1,13	1,02
	Farnesyl acetone	9,85	11,16	3,97	4,48	6,58	8,07	3,97
	2,6,6-Trimethyl-2-hydroxycycl	0,94	0,91	0,61	0,94	0,91	0,93	1,10
	beta-Damascenone	11,41	10,24	8,95	10,29	7,84	7,05	5,73
Total	41,18	38,34	29,11	35,47	31,82	31,56	24,07	
Phenylalanine aromatic substances	Dibutyl phthalate	3,72	-	-	0,83	-	-	-
	1,4-Benzenedicarboxylic acid	1,14	1,14	1,99	1,98	14,56	0,84	6,72
	Phenylacetaldehyde	-	-	0,64	-	-	0,73	0,80
	Total	4,86	1,14	2,62	2,81	14,56	1,57	7,52
Cypress like degradation products	Solanone	28,85	22,78	21,07	23,30	21,40	17,90	15,88
	b-Cembrenediol	39,84	42,76	37,88	46,65	57,01	41,70	43,39
	Total	68,69	65,54	58,95	69,95	78,41	59,61	59,27
Maillard reaction products	Furfural	5,30	5,63	4,78	3,72	4,34	4,78	4,58
	γ-sitosterol	1,32	0,69	0,55	0,98	0,93	1,29	0,95
	Total	6,62	6,32	5,32	4,70	5,27	6,07	5,53
Other fragrance substances	Methyl hexadecanoate	0,94	0,93	0,94	1,78	1,18	1,30	1,63
	Palmitic acid	39,89	38,04	32,63	42,17	42,88	37,98	39,15
	Linolenic acid	6,08	6,24	5,12	9,03	7,65	9,37	9,10
	Geranylgeraniol	42,93	37,46	32,69	44,16	18,01	32,13	33,06
	Nootkatone	2,93	2,48	2,79	3,01	3,29	1,65	2,56
	Eicosane	1,21	1,14	1,96	0,72	0,70	0,71	0,69
	Thunbergol	1,40	1,22	1,00	1,19	0,88	0,82	1,15
	2-Methylcosane	2,78	2,53	2,83	2,96	2,30	2,15	2,36
	triacontanol	23,20	17,71	12,55	17,77	11,27	17,90	9,79
Total	121,36	107,76	92,52	122,79	88,16	104,01	99,50	
Neophytadiene	353,95	305,10	263,00	309,48	279,48	225,74	220,21	
Total	596,65	524,19	451,53	545,19	497,69	428,57	416,11	

## Discussion

In this study, the subjects of tobacco, Through a series of strain screening, purification, identification, *A. niger* with high xylanase production, And optimized the fermentation process of the shake flask, Several major factors, such as medium formulation, culture temperature, inoculum size, and fermentation time, Finally, the optimal fermentation conditions were obtained, According to the standard of this condition, the fermentation liquid was evenly sprayed onto the surface of the test tobacco leaves, And the first day to the seventh day of fermentation samples were sampled to determine the aroma substance content, Found that this *A. niger* species significantly increased the aroma material content of fermented tobacco leaves, It also further proves that xylanase plays a key role in the color, aroma and taste of tobacco leaves, While xylanase is in greater demand in industry, But the industrial yields are low, If this *A. niger* can be further used to explore the process conditions and optimization for the industrial production of xylanase, It can further increase the industrial production.

## Conclusion

The primary and rescreening obtained the highest strain of the xylanase, and the dominant strain was *A. niger*. By comparing the effects of different carbon and nitrogen sources and inorganic salts on enzyme motility, the optimal formulation of *A. niger* was obtained. The results show that corn cob and bran are the best carbon sources to promote xylanase production in *A. niger* species. Inorganic salt (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> is conducive to bacterial enzyme production, its effect is better than

organic nitrogen source bean cake powder enzyme. The ratio of corn cob and bran was 8:2, and when (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was added to 1%, reaching 220,5 U/mL.

The temperature test showed that the highest enzyme activity was observed at 30°C, which was the optimal culture temperature for *A. niger*. The pH value had a significant effect on the enzyme production ability of *A. niger*, with the initial pH range from 6 to 7, and the highest enzyme viability was obtained at pH 6.5. The inoculum size affected the activity of *A. niger*, and the capacity increased first and then decreased. When the inoculum was 5.0%, the enzyme viability was highest, reaching 214.0U/mL. With the extension of culture time, the enzyme viability changed significantly. After 36h fermentation, the enzyme activity was 46.5U/mL, gradually increased, 72h the highest enzyme activity, reached 221.1U/mL, after which the enzyme viability gradually decreased.

### References

1. Sharma A.K., Sharma M.K. Plants as bioreactors: Recent developments and emerging opportunities / A.K. Sharma, M.K. Sharma // *Biotechnol Adv.* – 2009. – № 27(6). – P. 811-832. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.06.004>.
2. Prade R.A. Xylanases: from biology to biotechnology / R.A. Prade // *Biotechnol Genet Eng Rev.* – 1996. – № 13. – P. 101-131. DOI: <https://doi.org/10.1080/02648725.1996.10647925>.
3. Omogbenigun F.O. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs / F.O. Omogbenigun, C.M. Nyachoti, B.A. Slominski // *J Anim Sci.* – 2004. – № 82(4). – P. 1053-1061. DOI: <https://doi.org/10.2527/2004.8241053x>.
4. The expression of a xylanase targeted to ER-protein bodies provides a simple strategy to produce active insoluble enzyme polymers in tobacco plants / I. Llop-Tous et al // *PLoS One.* – 2011. – № 6(4). – P. 19474. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019474>.
5. Herbers K. Thermostable Xylanase from *Clostridium thermocellum* Expressed at High Levels in the Apoplast of Transgenic Tobacco Has No Detrimental Effects and Is Easily Purified / K. Herbers, I. Wilke, U.A. Sonnewald // *Bio/technology.* – 1995. – № 13(1). – P. 63-66. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt0195-63>.
6. Production of Recombinant Proteins in Tobacco Guttation Fluid / S. Komarnytsky et al // *Plant physiology.* – 2000. – № 124(3). – P. 927-934. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.124.3.927>.
7. Production of recombinant proteins in plant root exudates / N.V. Borisjuk et al // *Nature Biotechnology.* – 1999. – № 17(5). – P. 466-469.
8. Herbers K. Apoplastic expression of the xylanase and  $\beta(1-3, 1-4)$  glucanase domains of the xyn D gene from *Ruminococcus flavefaciens* leads to functional polypeptides in transgenic tobacco plants / K. Herbers, H.J. Flint, U. Sonnewald // *Molecular Breeding.* – 1996. – № 2(1). – P. 81-87. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00171354>.
9. High expression of the xylanase B gene from *Clostridium stercorarium* in tobacco cells / J. Sun et al // *Journal of Fermentation & Bioengineering.* – 1997. – № 84(3). – P. 219-223. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0922-338X\(97\)82057-0](https://doi.org/10.1016/S0922-338X(97)82057-0).
10. Patent US6137032 United States. Xylanase obtained from an anaerobic fungus / K.J. Cheng, L.B. Selinger, J.H. Liu et al; Application filed by Agriculture and Agri Food Canada AAFC – US09/390,200 events; 07.09.99; 24.10.00. – 25 p.
11. Transgenic barley expressing a fungal xylanase gene in the endosperm of the developing grains / M. Patel et al // *Molecular Breeding.* – 2000. – № 6(1). – P. 113-124. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009640427515>.
12. Molecular breeding of transgenic rice expressing a xylanase domain of the xynA gene from *Clostridium thermocellum* / T. Kimura et al // *Applied Microbiology and Biotechnology.* – 2003. – № 62(4). – P. 374-379. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1301-z>.
13. Isolation and identification of xylanase-producing strains during tobacco fermentation / FAN Yi-Wen et al // *Modern Food Science and Technology.* – 2013. – № 029(011). – P. 2658-2662.
14. GUO Qingji Screening of xylanase-producing bacteria, enzyme properties and construction and screening of macrogenomic library / GUO Qingji // *Qingdao University of Science and Technology*, 2008. DOI: <https://doi.org/10.7666/d.y1399894>.

**Ю Яо, Чжан Аоцзе, Чжан Лисин\***  
Жаратылыстану ғылымдары колледжі,  
Солтүстік-Батыс Ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университеті,  
Янлин 712100, Шэньси, Қытай

## **КСИЛАНАЗА ТҮЗЕТІН ШТАММДАРДЫҢ СКРИНИНГІ ЖӘНЕ ОНЫ МҰРЖАДА КЕПТІРІЛГЕН ТЕМЕКІ ЖАПЫРАҚТАРЫН АШЫТУ КЕЗІНДЕ ҚОЛДАНУ**

*Осы эксперименттік зерттеуде темекі жапырағынан оқшауланған ксиланаза шығаратын штамм шығарылды. Штаммдарды скринингтің және ксиланаза белсенділігін анықтаудың негізгі әдісімен ең жоғары ферментативті белсенділігі бар M416 штаммы алдын ала анықталды және M416 A. niger болды, фермент биологиялық қауіпсіздікке ие және оны мұржада кептірілген темекіні ашыту процесінде қолдануға болады. Ашыту шарттары колбадағы мәдениетті шайқау арқылы оңтайландырылды, нәтижесінде A-дан ксиланаза өндірісінің ең жақсы формуласы пайда болды. niger және оңтайлы өсіру температурасы, рН, егу мөлшері және өсіру уақыты алынды. Оңтайлы ашыту және хош иіс алу жағдайында штамм ашыту процесінде хош иісті заттардың құрамы мен құрамының өзгеруін анықтау және темекі жапырағын ашыту процесінде Нигер өндіретін ксиланазаның хош иісті құрамға әсерін бағалау үшін темекі жапырағының бетіне біркелкі шашыратылады, бұл штамм хош иісті заттардың құрамын тиімді арттыра алатынын көрсетеді.*

**Түйін сөздер:** ксиланаза, скрининг, сәйкестендіру, оңтайландыру, хош иісті заттар, ашыту және хош иісті өндіру.

**Ю Яо, Чжан Аоцзе, Чжан Лисинь\***  
Колледж естественных наук,  
Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства,  
Янлин 712100, Шэньси, Китай

## **СКРИНИНГ ШТАММОВ, ПРОДУЦИРУЮЩИХ КСИЛАНАЗУ, И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ ВЫСУШЕННЫХ В ДЫМОХОДЕ ТАБАЧНЫХ ЛИСТЬЕВ**

*В ходе этого экспериментального исследования был выведен штамм, продуцирующий ксиланазу, выделенную из табачного листа. С помощью основного метода скрининга штаммов и определения активности ксиланазы был предварительно идентифицирован штамм M416 с наивысшей ферментативной активностью, и M416 был A. niger, фермент обладает биологической безопасностью и может быть использован в процессе ферментации табака, высушенного в дымоходе. Условия ферментации были оптимизированы путем встряхивания культуры в колбе, в результате чего была получена наилучшая рецептура производства ксиланазы из A. были получены niger и оптимальная температура культивирования, рН, количество инокулята и время культивирования. При оптимальных условиях ферментации и получения аромата штамм равномерно распыляют на поверхность табачного листа, чтобы определить изменения состава и содержания ароматических веществ в процессе ферментации и оценить влияние ксиланазы, продуцирующей нигер, на ароматическую композицию в процессе ферментации табачного листа, что показывает, что штамм может эффективно увеличивать содержание ароматических веществ.*

**Ключевые слова:** ксиланаза, скрининг, идентификация, оптимизация, ароматические вещества, ферментация и производство аромата.

### **Information about the author**

**Yu Yao** – biology and medicine, postgraduate study, Northwest A&F University, mainly engaged in research on tobacco modulation; e-mail: 965622637@qq.com

**Zhang Aojie** – biology and medicine, postgraduate study, Northwest A&F University, mainly engaged in research on tobacco modulation; e-mail: 564822176@qq.com

**Zhang Lixin\*** – Professor, PhD Supervisor; e-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn

### **Авторлар туралы ақпарат**

**Ю Яо** – биология және медицина, Солтүстік-Батыс ауылшаруашылық және орман шаруашылығы университетінің аспирантурасы, темекі модуляциясын зерттеу; e-mail: 965622637@qq.com

**Чжан Аоцзе** – биология және медицина, солтүстік-батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университетінің аспирантурасы, темекіні модуляциялау саласындағы зерттеулер; e-mail: 564822176@qq.com

**Чжан Лисин\*** – профессор, PhD докторантураның ғылыми жетекшісі, солтүстік-батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы университеті; e-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn

#### **Информация об авторах**

**Ю Яо** – биология и медицина, аспирантура Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, исследования модуляции табака; e-mail: 965622637@qq.com

**Чжан Аоцзе** – биология и медицина, аспирантура Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, исследования в области модуляции табака; e-mail: 564822176@qq.com

**Чжан Лисинь** – профессор, научный руководитель PhD, Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства; e-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn

*Received 26.03.2024*

*Revised 13.05.2024*

*Accepted 14.05.2024*

## АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ

Ғылыми мақала бұрын жарияланбаған және жаңалығы бар авторлық әзірлемелерді, қорытындыларды, ұсыныстарды қамтитын ғылыми зерттеудің, эксперименттік немесе аналитикалық қызметтің бастапқы, аралық немесе түпкілікті нәтижелерінің мәтіндік материалы болуы тиіс. Ғылыми мақалаға жалпы тақырыппен байланысты бұрын жарияланған ғылыми нәтижелерді зерттеуге және талдауға арналған жұмыс кіреді (шолу мақаласы), онда жалпылама тұжырымдар мен ұсыныстар келтірілген.

«Шәкәрім университетінің хабаршысы. Техникалық ғылымдар бөлімі» ғылыми журналы қазақ, орыс, ағылшын тілдеріндегі қолжазбаларды қабылдайды.

Журналдың жиілігі-тоқсанына 1 рет (жылына 4 Нөмір).

Мақала электрондық форматта (.doc, .docx, .rtf) tech.vestnik.shakarim.kz журнал веб-сайтының жүктеу функционалдығы арқылы беріледі.

Порталмен жұмыс істеу үшін tech.vestnik.shakarim.kz сайтына тіркелу қажет.

Журналға жариялау үшін келесі бағыттар бойынша мақалалар қабылданады:

- Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар
- Инженериядағы, техникадағы және технологиядағы математикалық және статистикалық әдістер
- Машина жасау және механика
- Тамақ инженериясы және биотехнология
- Техникалық физика және жылу энергетикасы
- Химиялық технология

### Материалдарды ресімдеуге қойылатын талаптар

Мақала жиектердің келесі өлшемдерімен ресімделеді: парақтың шетінен шегініс – 2,0 см. Қаріп өлшемі – 11, жоларалық интервал – 1,0, қаріп гарнитурасы – Arial.

### Ғылыми мақаланың құрылымы

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

Ғылыми мақаланың құрылымы келесі элементтерді қамтуы керек:

- ГТАХА индексі (ғылыми-техникалық ақпараттың халықаралық айдары) – беттің сол жақ шетінен көрсетіледі. ГТАХА индексінің мақаласын тағайындау үшін [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru) сайты пайдалану қажет).
- Авторлар туралы мәлімет – ортадағы жол арқылы жазылады:
  - мақала авторының аты-жөні және тегі (алдымен аты-жөні, содан кейін тегі – А.К. Қалиев), қаріп-қалың;
  - автордың (лардың) жұмыс орны-ЖОО (ұйымның), қаланың, елдің атауы;
  - корреспондент-автордың байланыс ақпараты (e-mail).
- Мақаланың атауы (тақырыбы) – жол арқылы, қалың қаріппен, ортасына тураланады. Ол мазмұнды дәл көрсетуі керек, қысқа және нақты болуы керек. Тақырыптағы сөздерді қысқартуға жол берілмейді.
- Аннотация – зерттеудің негізгі мәнінің, зерттеу әдістері мен объектілерінің қысқаша мазмұнын, ең маңызды нәтижелерін, олардың маңыздылығын, ғылыми және тәжірибелік құндылығын қысқаша баяндайды. Аннотация мақала атауынан кейінгі жол арқылы курсивпен орналастырылады. Аннотация көлемі –150-300 сөз.
- Түйін сөздер – мақаланы іздеуге және оның тақырыптық аймағын анықтауға арналған. Түйін сөздердің саны-5-8, курсивпен жазылады.
- Мақаланың негізгі мәтіні – жол арқылы:
  - Кіріспе – өзектіліктің көрінісі;
  - Зерттеу шарттары мен әдістері;

- Зерттеу нәтижелері;
  - Ғылыми нәтижелерді талқылау;
  - Қорытынды;
  - Пайдаланылған әдебиеттер тізімі – мақала жазылған тілде және ағылшын тілінде рәсімделеді.
- Қаржыландыру туралы ақпарат (бар болса).
  - Мақаланың соңында автордың (авторлардың) аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы, жұмыс орны; ЖОО-ның (ұйымның), қаланың, елдің атауы; әрбір автор үшін байланыс ақпараты (e-mail); мақаланың тақырыбы (атауы); аннотация; мақала тілінен ерекшеленетін екі тілдегі түйінді сөздер келтіріледі (қазақ/орыс, ағылшын).
- Материалдардың көлемі, әдетте, мәтінді, суреттерді, кестелерді қоса алғанда, 3 беттен кем болмауы және 8 беттен аспауы тиіс.
- Авторлар саны **5 адамнан** аспауы керек.

**Суреттерді**, карталарды, фотосуреттерді, кестелерді, формулаларды компьютерлік техниканың қолдана отырып орындау және олар туралы айтылғандай мақалада орналастыру ұсынылады. Суреттердің реттік нөмірлері араб цифрларымен белгіленеді, суреттің атауы суреттің астында ортасына келтіріледі (1 – сурет-суреттің атауы).

**Кестелер** мақаланың мәтінде бірінші сілтемеден кейін немесе келесі бетте көрсетіледі. Кестенің нөмірі мен атауы беттің сол жағында келтірілген (1 – кесте-кестенің атауы). Кестені келесі бетке ауыстырған жағдайда бағандар нөмірленеді және келесі бетте оң жағында кестенің жалғасы (1 – кестенің жалғасы) көрсетіледі.

#### **Әдебиеттерді рәсімдеу тәртібі:**

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- Әдебиет мәтінде айтылғандай орналастырылады;
- мәтін бойынша квадрат жақшада сілтеме берілген жұмыстың реттік нөмірі көрсетіледі;
- әдебиеттерді рәсімдеу МЕМСТ 7.1-2003 «Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері»;
- анықтамалық әдебиеттерді дайындау кезінде басылым авторларының толық тізімін (басқаларынсыз) көрсетіңіз.

#### **Әдебиеттер тізімін құрастыру мысалдары**

1. Аксартов Р.М. Леукомизинді сандық анықтау әдісі / Р.М. Аксартов, М.И. Айзиков, С.А. Расулова // ҚазҰУ Хабаршысы. Сер. хим. – 2003. – Т..., № 8. – Б.40-41.
2. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполлипидемиялық белсенділігі / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.
3. Абимильдина С.Т. Қант өндірісі инфрақұрылымының жұмыс істеуі және дамуы / С.Т. Абимильдина, Г.Е. Сыдыкова, Л.А. Оразбаева // Қазақстанның аграрлық секторындағы Инновация: Матер. Халықарал. конф. / ҚазҰУ. Әл-Фараби атындағы қазуу. – Алматы, 2010. – Б.10-13.
4. Соколовский Д.В. Өзін-өзі реттейтін камера жетектерінің механизмдерін синтездеу теориясы [Электрондық. ресурс] / Д.В. Соколовский. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (қарау күні 12.03.2009).

Автор мақаланы жібергеннен кейін журнал редакциясы ұсынылған жұмысты екі апта ішінде оның талаптарға сәйкестігін тексеру мақсатында (антиплагиат, дизайн, рецензия және т.б.) қарайды.

Журнал редакциясы мақаланы қабылдау туралы оң шешім қабылдаған жағдайда, авторларға жарияланымға ақы төлеу үшін тиісті хабарлама жіберіледі.

Мақала журнал талаптарына сәйкес келмеген жағдайда авторлар электрондық поштаға хабарлама арқылы хабарланатын болады.



**Журналдың редакциясы келіп түскен жұмысты рецензиялауға дербес жібереді.** Журнал мақаланы авторын жасырып (*Double-blind review*), екі рецензиялаудан өткізеді.

Журналдың редакциясы мақаланың ұқсастығының бар-жоғына тексеруді жүзеге асырады (лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз ету пайдаланылады). Мәтіннің өзіндік ерекшелігі **көмінде 75%** болуы керек. Мақалалардағы өзін-өзі сілтеме жасау үлесі 15%-дан аспауы керек. Түпнұсқалықтың қажетті пайызын алмаған мақала авторға пысықтауға жіберіледі. Бірінші және екінші тексерулер тегін, үшінші тексеру – 2000 теңге. Үшінші тексеруден кейін теріс нәтиже алынған жағдайда, мақала журналға жариялауға жіберілмейді.

### Мақаланы рәсімдеу үлгісі

ФТАХА: 32.61.11

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Искакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,  
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

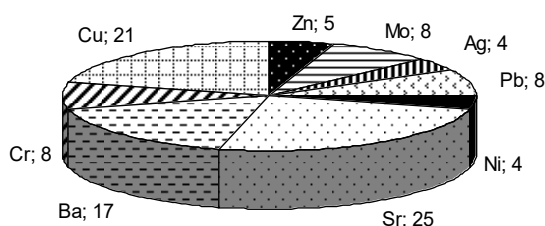
### АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

**Аңдатпа:** Мақалада зерттеу нәтижелері келтірілген.....

**Түйін сөздер:** қоршаған орта, биолог, табиғат,.....

#### Кіріспе

Ландшафт компоненттерінің Биогеохимиялық қасиеттерін қалыптастыруда атмосфералық, су және биогендік көші-қон маңызды рөл атқарады. Барлық табиғи сулардың ішінде жауын-шашында айтарлықтай өзгерістер байқалады. Қардағы элементтердің шоғырлануы ауа температурасына, ластану көзіне қатысты жел бағытының бағытына, одан қашықтығына, жер бедеріне байланысты [1]. Жауын-шашынның химиялық құрамындағы айырмашылықтар ауа массаларының күрделі қозғалыстарына байланысты. 1-суретте су қоймаларының мұзындағы ауыр металдардың құрамы көрсетілген.



1 сурет – Москворецкий жүйесінің су қоймаларының мұзында ауыр металдар құрамының таралуы

#### Зерттеу әдістері

Мәтін.....

#### Зерттеу нәтижелері

Жаңбыр сулары құрамы бойынша сульфатты-бикарбонатты және сульфатты-хлоридті-кальцийлі. Атмосферада шаңның шоғырлануына байланысты олардың минералдануы жоғары. Ландшафттың аудан бірлігіне жауын-шашынға есептелген ауыр металдардың басымдылығы қармен салыстырғанда жаңбырда (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) анықталды (1-кесте).

1 кесте – Қар мен жаңбырдағы ауыр металдардың құрамы, кг/га

№	Ауыр металдар	Қар	Жауын
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–
Ескертпе *			

### Ғылыми нәтижелерді талқылау

Мәтін.....

### Қорытынды

Мәтін.....

### Әдебиеттер тізімі

1. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполипидемиялық белсенділігі / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.
2. Хрусталева М.А. Табиғи және антропогендік ландшафт компоненттеріндегі ауыр металдардың биогеохимиялық көші-қоны және жинақталуы / М.А. Хрусталева // 3-ші Халықаралық ғылыми конференцияның ғылыми еңбектер жинағы. – Семей қ.: СМУ баспасы Шәкәрім, 2012. – 1 Том. – Б. 368-373.
3. ....

### References

1. Kurmukov A.A. Leuomizinnii angioprotectorlyk zhene gipolipidemiyalyk belsendiligi / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 b.
2. Khrustaleva M.A. Tabii zhene antropogendik landshaft komponentterindegi auyr metaldardyn biogeokhimiyaulyk keshi-qony zhene zhinakhtaluy / M.A. Khrustaleva // 3-shi Khalyqaralyq ғылыми konferentsiyanyn ғылыми еңбектер zhinaғы. – Semei қ.: SMU baspasy Shәkәrim, 2012. – 1 Tom. – B. 368-373.
3. ...

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Московский государственный университет,

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

**M. Smagulov<sup>1\*</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Iskakov<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Moscow State University, Moscow, Russia

119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

*This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....*

**Key words:**.....

### Авторлар туралы мәліметтер

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна Искакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

### Сведения об авторах

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

### Information about the authors

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

---

Научная статья должна представлять собой текстовый материал начальных, промежуточных или окончательных результатов научного исследования, экспериментальной или аналитической деятельности, содержащий авторские разработки, выводы, рекомендации, ранее не опубликованные и обладающие новизной. К научной статье относится также работа, посвященная изучению и анализу ранее опубликованных научных результатов, связанных общей темой (обзорная статья), в которой приводятся обобщающие выводы и рекомендации.

В научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки» принимаются рукописи на казахском, русском, английском языках.

Периодичность журнала – 1 раз в квартал (4 номера в год).

Статья подается в электронном формате (.doc, .docx, .rtf) посредством загрузки через функционал веб-сайта журнала [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Для работы с порталом необходимо зарегистрироваться на сайте [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Для публикации в журнал принимаются статьи по следующим направлениям:

- Автоматизация и информационные технологии
- Математические и статистические методы в инженерии, технике и технологии
- Машиностроение и механика
- Пищевая инженерия и биотехнология
- Техническая физика и теплоэнергетика
- Химическая технология

### Требования к оформлению материалов

Статья оформляется со следующими размерами полей: отступ от края листа – 2,0 см. Кегль шрифта – 11, межстрочный интервал – 1,0, гарнитура шрифта – Arial.

### Структура научной статьи

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

- Индекс МРНТИ (международный рубрикатор научно-технической информации) – указывается с левого края страницы. Для присвоения статье индекса МРНТИ необходимо использовать сайт [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru)).
- Сведения об авторах – пишутся через строку по центру:
  - инициалы и фамилия автора(-ов) статьи (сначала инициалы, затем фамилия – А.К. Калиев), шрифт – полужирный;
  - место работы автора(-ов) – название вуза (организации), города, страны;
  - контактная информация (e-mail) автора-корреспондента.
- Название статьи (заголовки) – через строку, выделяется полужирным шрифтом, выравнивание по центру. Должно точно отражать содержание, быть кратким и лаконичным. Сокращение слов в заглавии не допускается.
- Аннотация – краткое изложение основной сути исследований, методов и объектов исследований, наиболее важных результатов, их значимость, научная и практическая ценность. Аннотация размещается через строку после названия статьи курсивом. Объем аннотации – 150-300 слов.
- Ключевые слова – предназначены для поиска статьи и определения ее предметной области. Количество ключевых слов – 5-8, оформляются курсивом.
- Основной текст статьи – через строку:
  - Введение – отражение актуальности;
  - Условия и методы исследования;

- Результаты исследований;
- Обсуждение научных результатов;
- Заключение;
- Список литературы – оформляется на языке написания статьи и на английском языке.
- Информация о финансировании (при наличии).
- В конце статьи приводятся инициалы и фамилия, ученая степень, звание, место работы автора(-ов); название вуза (организации), города, страны; контактная информация (e-mail) для каждого автора; заглавие (название) статьи; аннотация; ключевые слова на двух языках, отличимых от языка статьи (казахский/русский, английский).

Объем материалов, как правило, не должен быть менее 3 страниц и не более 8 страниц, включая текст, рисунки, таблицы.

Количество авторов не должно превышать **5 человек**.

**Рисунки**, карты, фотографии, таблицы, формулы рекомендуется выполнять с помощью компьютерной техники и размещать в статье по мере их упоминания. Порядковые номера рисунков обозначаются арабскими цифрами, название рисунка приводятся по центру под рисунком (Рисунок 1 – Название рисунка).

**Таблицы** отражаются в тексте статьи после первой ссылки или на следующей странице. Номер и название таблицы приводятся с левой стороны страницы (Таблица 1 – Название таблицы). В случае переноса таблицы на следующую страницу, столбцы нумеруются и на следующей странице с правой стороны указывается продолжение таблицы (Продолжение таблицы 1).

#### **Порядок оформления литературы:**

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- по тексту в квадратных скобках указывается порядковый номер работы, на которую дается ссылка;
- оформление литературы должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»;
- при оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).

#### **Примеры оформления списка литературы**

1. Аксартов Р.М. Метод количественного определения леукомизина / Аксартов Р.М., М.И. Айзиков, С.А. Расулова // Вестник КазНУ. Сер. хим. – 2003. – Т.1., № 8. – С. 40-41.
2. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леуомизина / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.
3. Абимильдина С.Т. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства / С.Т. Абимильдина, Г.Е. Сыдыкова, Л.А. Оразбаева // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф. / КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 2010. – С. 10-13.
4. Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс] / Д.В. Соколовский. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

После представления автором статьи редакция журнала рассматривает поступившую работу в течение двух недель с целью проверки ее соответствия предъявляемым требованиям (антиплагиат, оформление, рецензирование и т.д.).

В случае положительного решения редакции журнала о принятии статьи, авторам направляется соответствующее сообщение для произведения оплаты публикации.

В случае несоответствия статьи требованиям журнала авторы будут извещены сообщением на электронную почту.

Редакция журнала самостоятельно направляет поступившую работу на рецензирование. В журнале применяется двойное слепое рецензирование (*Double-blind review*), то есть конфиденциально.

Редакция журнала осуществляет проверку статьи на наличие заимствований (используется лицензионное программное обеспечение). Оригинальность текста должна составлять **не менее 75%**. Доля самоцитирования в статьях не должна превышать 15%. Статья, не набравшая необходимый процент оригинальности, направляется автору на доработку. Первая и вторая проверки осуществляются бесплатно, третья проверка – 2000 тенге. В случае получения отрицательного результата после третьей проверки, статья не допускается к публикации в журнале.

### Образец оформления статьи

МРНТИ: 32.61.11

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Московский государственный университет,  
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

#### Введение

В формировании биогеохимических свойств компонентов ландшафта важную роль играет атмосферная, водная и биогенная миграция. Из всех природных вод наиболее заметные изменения наблюдаются в атмосферных осадках. Концентрация элементов в снеге зависит от температуры воздуха, направления розы ветров по отношению к источнику загрязнения, удаленности от него, рельефа местности [1]. Различия химического состава атмосферных осадков обусловлены сложными перемещениями воздушных масс. На рисунке 1 отобрано содержание тяжелых металлов во льду водохранилищ.

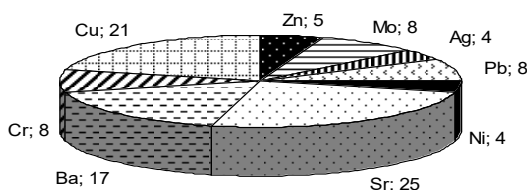


Рисунок 1 – Распределение содержания тяжелых металлов во льду водохранилищ Москворецкой системы

#### Методы исследования

Текст.....

#### Результаты исследований

Дождевые воды по составу сульфатно-гидрокарбонатно- и сульфатно-хлоридно-кальциевые. Минерализация их выше за счет концентрации в атмосфере пыли. Выявлено преобладание тяжелых металлов, рассчитанных при выпадении на единицу площади ландшафта, в дожде (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) по сравнению со снегом (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в снеге и дожде, кг/га

№	Тяжелые металлы	Снег	Дождь
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–
Примечание: *			

### Обсуждение научных результатов

Текст.....

### Заключение

Текст.....

### Список литературы

1. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гиполлипидемическая активность леуомизина / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.
2. Хрусталева М.А. Биогеохимическая миграция и аккумуляция тяжелых металлов в компонентах природных и антропогенных ландшафтов / М.А. Хрусталева // Сборник трудов 3-й Международной научной конференции. – г. Семей: Изд-во СГУ им. Шакарима, 2012. – Том 1. – С. 368-373.

### References

1. Kurmukov A.A. Angioprotektornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Khrustaleva M.A. Biogeokhimicheskaya migratsiya i akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v komponentakh prirodnykh i antropogennykh landshaftov / M.A. Khrustaleva // Sbornik trudov 3-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – g. Semei: Izd-vo SGU im. Shakarima, 2012. – Tom 1. – S. 368-373.

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,

119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

*Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз. ....*

**Түйін сөздер:.....**

**M. Smagulov<sup>1\*</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Iskakov<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Moscow State University, Moscow, Russia

119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

*This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....*

**Key words:**.....

#### **Сведения об авторах**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна Искакова** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна Искакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

#### **Information about the authors**

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.



## RULES FOR AUTHORS

---

A scientific article should be a textual material of the initial, intermediate or final results of a scientific research, experimental or analytical activity, containing author's developments, conclusions, recommendations that have not been previously published and have novelty. A scientific article also includes a work devoted to the study and analysis of previously published scientific results related to a common theme (review article), which provides generalizing conclusions and recommendations.

In the scientific journal "Bulletin of Shakarim University". Series of technical sciences" accepts manuscripts in Kazakh, Russian, English.

Periodicity of the journal – 1 time per quarter (4 issues per year).

The article is submitted in electronic format (.doc, .docx, .rtf) by downloading through the functionality of the journal website [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

To work with the portal, you need to register on the site [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Articles in the following areas are accepted for publication in the journal:

- Automation and information technology
- Mathematical and statistical methods in engineering, technique and technology
- Engineering and mechanics
- Manufacturing and Processing Industries
- Food engineering and biotechnology
- Technical physics and Thermal power engineering
- Chemical Technology

### Requirements for the formalization of materials

The article is drawn up with the following margins: indent from the edge of the sheet – 2.0 cm. Font size – 11, line spacing – 1.0, typeface – Arial.

### Structure of a scientific article

- ISTIR index (international scientific and technical information rubric) – indicated from the left edge of the page. To assign an ISTIR index to an article, you need to use the site [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru).
- Information about the authors – written on the next line in the center
  - initials and surname of the author (s) of the article (first write the initials, then the surname – A. Kaliev), font selection – bold;
  - place of work of the author(s) – the name of the university (organization), city, country;
  - contact information (e-mail) of the corresponding author.
- Title of the article (title) – next line, highlighted in bold, center alignment. It should accurately reflect the content, be short and concise. Shortening of words in the title is not allowed.
- Annotation - a summary of the main essence of research, methods and objects of research, the most important results, their significance, scientific and practical value. The annotation is placed one line after the title of the article in italics. The volume of the abstract is 150-300 words.
- Keywords are designed to search for an article and determine its subject area. The number of keywords - 5-8, are written in italics.
- The main text of the article – through the line:
  - Introduction – a reflection of relevance;
    - Conditions and methods of research;
    - Research results;
    - Discussion of scientific results;
    - Conclusion;
    - The list of references is drawn up in the language of writing the article and in English.
- Funding information (in the presence).
- At the end of the article, the initials and surname, academic degree, title, place of work of the author(s) are given; the name of the university (organization), city, country; contact information (e-

mail) for each author; title (heading) of the article; annotation; keywords in two languages distinct from the language of the article (Kazakh/Russian, English).

The volume of materials, as a rule, should not be less than 3 pages and not more than 8 pages, including text, figures, tables.

The number of authors should not exceed **5 people**.

**Drawings**, maps, photographs, tables, formulas are recommended to be done using computer technology and placed in the article as they are mentioned. Sequential numbers of figures are indicated by Arabic numerals, the name of the figure is given in the center under the figure (Figure 1 – The title of the figure).

**Tables** are reflected in the text of the article after the first link or on the next page. The number and title of the table are given on the left side of the page (Table 1 – The title of the table). If the table is transferred to the next page, the columns are numbered and on the next page, on the right side, the continuation of the table is indicated (Continuation of table 1).

#### **The order of registration of literature:**

- literature is arranged as it is mentioned in the text;
- the text in square brackets indicates the serial number of the work to which the link is given;
- the design of the literature should be carried out in accordance with the requirements of GOST 7.1-2003 «Bibliographic record. Bibliographic description. General requirements and rules for drafting»;
- when preparing referenced literature, provide a complete list of the authors of the publication (without others).

#### **Examples of designing a list of references**

1. Aksartov R.M. Metod kolichestvennogo opredeleniya leukomizina / Aksartov R.M., M.I. Aizikov, S.A. Rasulova // Vestnik KaZNU. Ser. khim. – 2003. – T.1., № 8. – S. 40-41.
2. Kurmukov A.A. Angioprotekornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
3. Abimul'dina S.T. Funktsionirovanie i razvitie infrastruktury sakharnogo proizvodstva / S.T. Abimul'dina, G.E. Sydykova, L.A. Orazbaeva // Innovatsiya v agrarnom sektore Kazakhstana: Mater. Mezhdunar. konf. / KaZNU im. al'-Farabi. – Almaty, 2010. – S. 10-13.
4. Sokolovskii D.V. Teoriya sinteza samoustanavlivayushchikhsya kulachkovykh mekhanizmov privodov [Elektron. resurs] / D.V. Sokolovskii. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (data obrashcheniya: 12.03.2009).

After the submission of the article by the author, the editors of the journal review the submitted work within two weeks in order to check its compliance with the requirements (anti-plagiarism, design, review, etc.).

In case of a positive decision of the editorial board of the journal to accept the article, the authors are sent a corresponding message to pay for the publication.

In case of non-compliance of the article with the requirements of the journal, the authors will be notified by e-mail.

#### **The editorial board of the journal independently sends the received work for review.**

The journal uses *double-blind review*, that is, it is confidential.

The editorial board of the journal checks the article for borrowings (licensed software is used). The originality of the text must be **at least 75%**. The share of self-citations in articles should not exceed 15%. An article that does not reach the required percentage of originality is sent to the author for revision. The first and second checks are free of charge, the third check is 2000 tenge. If a negative result is obtained after the third check, the article is not allowed for publication in the journal.

## Sample design of the article

IRSTI: 32.61.11

**M. Smagulov<sup>1</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Iskakova<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A, Glinki str.

<sup>2</sup>Moscow State University,

119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiye Gory, 1, str.

<sup>3</sup>Kazakh al-Farabi National University

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

**Annotation:** The article presents the results of the study.....

**Key words:** environment, biologist, nature,.....

#### Introduction

Atmospheric, water, and biogenic migration plays an important role in the formation of the biogeochemical properties of landscape components. Of all natural waters, the most noticeable changes are observed in precipitation. The concentration of elements in the snow depends on the air temperature, the direction of the wind rose in relation to the source of pollution, the distance from it, and the terrain [1]. Differences in the chemical composition of precipitation are due to complex movements of air masses. Figure 1 shows the content of heavy metals in the ice of reservoirs.

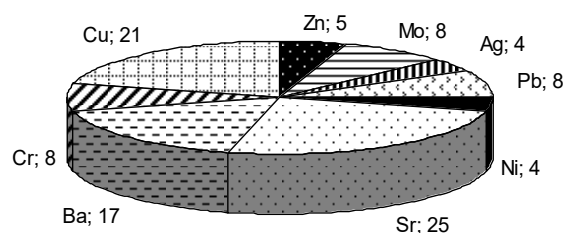


Figure 1 – Distribution of heavy metals in the ice of reservoirs of the Moskvoretzkaya system

#### Research methods

Text.....

#### Research results

Rain waters are sulfate-bicarbonate- and sulfate-chloride-calcium in composition. Their mineralization is higher due to the concentration of dust in the atmosphere. The predominance of heavy metals calculated for precipitation per unit area of the landscape was revealed in rain (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) compared to snow (Table 1).

Table 1 – Content of heavy metals in snow and rain, kg/ha

№	Heavy Metals	Snow	Rain
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–

Note: \*

#### Discussion of scientific results

Text.....

#### Conclusion

Text.....

## References

1. Kurmukov A.A. Angioprotekornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Khrustaleva M.A. Biogeokhimicheskaya migratsiya i akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v komponentakh prirodnikh i antropogennykh landshaftov / M.A. Khrustaleva // Sbornik trudov 3-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – Semei: Izd-vo SGU im. Shakarima, 2012. – Tom 1. – S. 368-373.
3. ...

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,  
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

*Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз. ....*

**Түйін сөздер:**.....

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А

<sup>2</sup>Московский государственный университет,  
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

### Information about the authors

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>

### Сведения об авторах

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна Исакова** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

**Маржан Муратовна Исакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

## МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

---

### АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

---

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>К. Zenkovich, Т. Zhylykybayev, S. Kaysanov, Т. Ustinova</b> APPLYING SOCIAL MINING RESULTS FROM OPEN SOCIAL NETWORKS.....	5
<b>А.Д. Золотов, Ә.Е. Уалиев, Е.А. Оспанов, А. Рихарт</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ	10
<b>Б.М. Ильясов, Ж.М. Алимжанова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ЗАЩИТЫ ОТ DDOS АТАК.....	16
<b>А.А. Мухамедин, Г.А. Абитова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ REACT NATIVE И FLUTTER, КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	26
<b>Ү. Ospanov, N. Turarbai, M. Bayraktar</b> FUZZY DECISION-MAKING PROBLEMS FOR CONTROLLING OPERATING MODES OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND METHODS FOR SOLVING THEM.....	33
<b>Н.Е. Рахимбай, К.Б. Тусупова</b> ВЕБ-БЕТТЕРДЕГІ ЗІЯНДЫ ЖАРНАМАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУДА МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАҢУ.....	43
<b>Ж.К. Абдугулова, М.Н.Тлеген, Т.М. Төлеубеков</b> МУЛЬТИРОТОР ТИПТІ ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРАСТЫРУ.....	50

### МАШИНА ЖАСАУ ЖӘНЕ МЕХАНИКА

---

#### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕХАНИКА

<b>A. Sovetkanov, Y. Shayakhmetov, R. Sovetbayev, O.I. Morozov</b> MIXING DEVICE DESIGN IN A BIOGAS PLANT: PROBLEMS AND PERSPECTIVES.....	60
<b>Е.М. Ағзам, А.К. Какимов, А.Е. Еренғалиев, Н.К. Ибрағимов, Б.А. Лобасенко</b> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СУШКЕ КУРТА.....	66
<b>Н.Е. Байсалова, Е.Я. Шаяхметов, Д.Н. Серикбеков</b> ЭКСПЕРИМЕНТ ЖҮРГІЗУ АРҚЫЛЫ КЕДІР-БҰДЫРЛЫҚТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ПАРАМЕТРЛІК МОДЕЛІН НАҚТЫЛАУ.....	74
<b>Ж.А. Сергибаева, Г.Б. Абдилова, Б.Б. Кабулов, А.Е. Еренғалиев, М.Е. Шаменов</b> ҮЙКЕЛІС КҮШТЕРІНІҢ БӨЛШЕК БЕТТЕРІН ӨНДЕУДЕГІ ТИГІЗЕР ӨСЕРЛЕРІ.....	82

# ТАМАҚ ИНЖЕНЕРИЯСЫ ЖӘНЕ БИОТЕХНОЛОГИЯ

## ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

<b>G.K. Iskakova, A.S. Abdreeva, E.B. Askarbekov, N.B. Batyrbaeva, A.I. Samadun</b> SUBSTANTIATION OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION PARAMETERS FOR OBTAINING AN EXTRACT FROM ROSE HIPS ( <i>ROSA CANINA</i> L.).....	92
<b>T.B. Abdigaliyeva, G.A. Telitskaya</b> STUDY OF THE IMMOBILIZATION OF THE PROBIOTIC STRAIN <i>LACTOBACILLUS PARACASEI-010-K</i> ON A NATURAL SORBENT FOR USE IN POULTRY FARMING.....	99
<b>P.C. Алибеков, Э.А. Габрильянц, К.А. Уразбаева, А.А. Утебаева, А.А. Аблаш</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СУБПРОДУКТОВ.....	105
<b>А.Т. Абылгазинова, А.Ж. Оразов, А.С. Жумагалиева, Ж.Ж. Қойшиева</b> «ШАМШЫРАҚ» АӨК-ДЕ ЕТТІ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН ХАССП ЖОСПАРЫН ӨЗІРЛЕУ.....	113
<b>А. Азаматқызы, А.А. Жельдыбаева, Қ.Р. Қырықбай, Е.Қ. Қожкенова</b> ӨСІМДІКТЕРДЕН АЛЫНАТЫН ТАБИҒИ ФЕНОЛДЫ БОЯҒЫШТАРДЫ ТАМАҚ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДЕ ҚАУІПСІЗ БОЯҒЫШТАР РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ.....	122
<b>Д.А. Акимова, А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Е.С. Жарыкбасов</b> ПЕРЕРАБОТКА МАЛОЦЕННЫХ СУБПРОДУКТОВ ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ .....	129
<b>Г.С. Альжанова, С.С. Ануарбекова, А.Е. Хасенова, А.М. Садыков</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ В ЛИОФИЛЬНОВЫСУШЕННОМ СОСТОЯНИИ.....	136
<b>A.N. Aralbaev, A.N. Aralbaeva, Z.Zh. Seydakhmetova, N.K. Aralbai</b> INVESTIGATION OF PREBIOTIC PROPERTIES OF AQUEOUS-ALCOHOLIC EXTRACTS OF ROOTS OF <i>CRAMBE KOTCHIANA</i> AND <i>BUNIAS ORIENTALIS</i> .....	145
<b>А.К. Ахметжанова, Г.И. Байгазиева, Э.Б. Аскарбеков, М.М. Баязитова, Л. Гривна</b> АШЫТУ ДЕҢГЕЙІ ТӨМЕН АШЫТҚЫ ШТАММЫН ТАҢДАУ.....	152
<b>Қ.М. Букарбаев, Ш.А. Абжанова, А.Ч. Каташева, Ә.У. Байбекова, А.Б. Бейсембаева</b> ПІСІРІЛІП – ЫСТАЛҒАН ЕТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ.....	160
<b>Г.Д. Шамбулова, Д.А. Тлевлесова, Г.Н. Жаксылыкова, Ж.С. Набиева</b> ЖАРМА ҰНТАҒЫНАН ДАЙЫНДАЛҒАН ЖЕУГЕ ЖАРАМДЫ ЫДЫСТАР .....	170
<b>К. Букарбаев, Ш.А. Абжанова, А.Ч. Каташева, А.Ж. Жеңісова</b> ӨСІМДІК ШИКІЗАТТАРЫНАН СЫҒЫНДЫ АЛУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	178
<b>Б.А. Идырышев, А.Н. Нургазезова, А.М. Байкадамова, М.М. Джумажанова, А.М. Муратбаев</b> ЖЕРГІЛІКТІ БАЛҚАРАҒАЙ ЖАҢҒАҒЫНАН АЛЫНҒАН МАЙДЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	186
<b>М.Б. Кенжеханова, Л.А. Мамаева, С.С. Ветохин, А.К. Тулекбаева</b> СОСТАВ БЛАНШИРОВАННОГО РАСТВОРА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЯБЛОЧНЫХ ЧИПСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВКУСОВЫХ СВОЙСТВ И ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ.....	193
<b>Ж.С. Байзакова, Е.М. Мажиев, Ж.С. Чингенжинова, Э.М. Мажиева</b> ШАҒЫН ӨНДІРІС ОРЫНДАРЫНДА САПАЛЫ ЕТ ӨНІМДЕРІН АЛУ ЖОЛДАРЫ.....	208
<b>Е.С. Жарыкбасов, А.К. Какимов, К.С. Жарыкбасова, Ж.Х. Какимова, Г.Н. Раимханова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА.....	219
ISSN 2788-7995 (Print) ISSN 3006-0524 (Online)	606
Шәкәрім университетінің хабаршысы. Техникалық ғылымдар № 2(14) 2024 Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences № 2(14) 2024	

<b>А.Е. Муратбекова, М.Х. Нармуратова, С. Жадыра, М.А. Сыдыканова</b> ШАҒЫН ӨНДІРІС ОРЫНДАРЫНДА САПАЛЫ ӨНІМДЕРІН АЛУ ЖОЛДАРЫ.....	228
<b>Г.Т. Туменова, Б.К. Асенова, А.Н. Нургазезова, Г.Н. Нұрымхан, Н.Р. Муслимова</b> ПІСУ ПРОЦЕСІНДЕ «ОТБАСЫ» ШИКИ ЫСТАЛҒАН ШҰЖЫҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ МӨНДЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ.....	239
<b>А.К. Мустафаева</b> ӨСІМДІК ТЕКТЕС ШИКІЗАТПЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЖҰМСАҚ ІРІМШІК ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	246
<b>А.Б. Намысбаева, В.С. Жамурова, А.Т. Кожаберген</b> КОНСЕРВІЛЕУДІҢ ӨРТҮРЛІ ӨДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ МАРАЛ ПАНТАСЫНЫҢ САПАСЫН АРТТЫРУ.....	254
<b>Zh.A. Abish, R.S. Alibekov, G.E. Orymbetova, A.A. Utebaeva, E.V. Sysoeva</b> CHARACTERISTICS OF MILK WHEY BASED MOUSSE.....	262
<b>Б.Қ. Оспанова, Т.Ч. Тултабаева, А.Е. Турсынханова, Ұ.Е. Асанова, Б. Калемшариев</b> ӨСІМДІК ТЕКТЕС ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ИНГРИДИЕНТТІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҰЛТТЫҚ ӨНІМ ІРІМШІКТІҢ ҚҰРАМЫН БАЙЫТУ.....	271
<b>Ж.К. Қалибеқызы, Ф.Х. Смольникова, А.Н. Нургазезова, М.М. Какимов, Н.Р. Муслимова</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СУШЕНОЙ ЩУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКОВ СВЧ И СУШКОЙ ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ.....	278
<b>Р.К. Макеева, Д.А. Тлевлесова, Л.Л. Гинойн, Н.Т. Абраимов, Б.С. Сансызбаев</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕСЕРТОВ НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА.....	288
<b>А.Ф. Төлегенова, Б.К. Тарабаев</b> ЖҮГЕРІ КРАХМАЛЫНАН ТӨМЕН ДЕКСТРОЗА ЭКВИВАЛЕНТІ (DE) БАР МАЛЬТОДЕКСТРИН АЛУ.....	298
<b>Е.Д. Үдербай, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева, Ж.С. Набиева, Ә.У. Байбекова</b> ӨСІМДІК ТЕКТІ ИНГРЕДИЕНТТЕРДІҢ АШЫҒАН СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫНА ӨСЕРІ.....	304
<b>А.Ж. Шиналиева, А.Т. Бердембетова, А.У. Шингисов</b> ҚҰРАМА СҮТТЕН ЖАСАЛҒАН СҮЗБЕНІҢ САПАЛЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	312

## ТЕХНИКАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ЖЫЛУЭНЕРГЕТИКАСЫ

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

<b>A. Adykanova, Zh. Akishov, A. Bektemissov, T. Umyrzhhan, A. Kassymov</b> LABORATORY STAND FOR STUDYING THE EFFECTIVENESS OF USING NANOFLUIDS TO INTENSIFY HEAT TRANSFER IN HYBRID SOLAR COLLECTORS.....	320
<b>Б.К. Рахадиллов, М.Б. Баяндинова, А. Маулит, Р. Кусаинов, Б. Азаматов</b> СҰЙЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРҒА АРНАЛҒАН БОЛАТТАН ЖАСАЛҒАН АППЛИКАТОРДЫ ЭЛЕКТРОЛИТТІК-ПЛАЗМАЛЫҚ БЕТТІК ҚАТАЙТУ.....	325
<b>М.В. Ермоленко, А.М. Советказыева</b> АНАЛИЗ ЦИКЛА ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТАХ.....	334



<b>А.К. Кинжибекова, Ж.К. Алдажуманов, К.С. Зарыкбаева, А.Б. Леонидова, А.Е. Сатыбалдинова</b> ЖЫЛЫТУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТИИМДІЛІГІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІНЕ .....	341
<b>А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, Е. Медетұлы</b> ЖЕЛ ТУРБИНАСЫН 3D МОДЕЛЬДЕУГЕ АРНАЛҒАН ТОРДЫ ҚҰРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	347
<b>Н. Серікбекұлы, К.Д. Орманбеков, А.Б. Шынарбек, А.Ж. Жасулан</b> ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0.....	355
<b>О.А. Степанова, М.К. Касенғалиев, Т.Н. Умыржан, А.Р. Хажидинова</b> ШАҒЫН ӨНДІРІС ОРЫНДАРЫНДА САПАЛЫ ЕТ ӨНІМДЕРІН АЛУ ЖОЛДАРЫ.....	364
<b>Н. Серікбекұлы, К.Д. Орманбеков, А.Б. Шынарбек, А.Ж. Жасулан</b> ТИТАНДЫ МИКРОДОҒАЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ КЕЗІНДЕГІ ЖАБЫННЫҢ ПАЙДА БОЛУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	370
<b>А.А. Шаханов, А.А. Шаханов, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев</b> МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС СУШИЛКИ .....	378
<b>О.А. Stepanova, R.A. Khamitov, T.N. Umyrzhn, A.R. Khazhidinova</b> ON THE USE OF HEAT PUMPS.....	385

## ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<b>N.V. Akatyev, M.K. Kharliyeva, R.Z. Kenzhegalieva, T.B. Seilova</b> BLACKCURRANT ( <i>RIBES NIGRUM</i> ) FROM WESTERN KAZAKHSTAN – A NOVEL NATURAL ECO-FREINDLY CORROSION INHIBITOR OF CARBON STEEL.....	390
<b>А. Асанов, С.А. Мамешова, А.А. Асанов</b> ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИРОВАННЫХ АМИД ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОЧВ.....	401
<b>K. Kamunur, T. Oserov, L. Mussapirova, A. Batkal</b> REVIEW ON PROCESSING COAL FLY ASH: CURRENT ADVANCES AND FUTURE PERSPECTIVES.....	410
<b>М.А. Бисенова, А.Г. Умирзаков, К.И. Мить, А.Л. Мереке, Ч.Б. Даулбаев</b> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ НАНОТРУБОК ПЕРОВСКИТА SrTiO <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНОДИРОВАНИЯ.....	423
<b>А.М. Рахимжанова, А.Е. Елубаева, Ө.К. Aksoy, Л.К. Кажыгелдиева</b> <i>ALOE VERA (L.) BURM.FIL.</i> ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	432
<b>С.С. Алдабергенова, Ж.Т. Ибраева, Р.К. Ниязбекова, М.М. Какимов, А.С. Майконов</b> ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВОВ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	440
<b>Л.М. Каримова, Г.К. Макашева, Е.Т. Кайралапов, Е.М. Харченко</b> ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ОТВАЛЬНЫХ МЕДНЫХ ХВОСТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БЕЛОЙ САЖИ.....	453

<b>А. Касымбаев, К. Смирнова, А. Погребняк</b> ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ Wn/ZrN КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ.....	462
<b>А.Б. Кенесбеков, Б.К. Рахадиллов, Ж.Б. Сагдолдина, А.Е. Кусайынов</b> РАЗРАБОТКА СОСТАВА СПЕЦИАЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНГИДРИТОВЫХ ВЯЖУЩИХ.....	470
<b>А.Ж. Керимкулова, Х.С. Рафикова, Н.Б. Булатова, Д.О. Абдирафиева, М.Е. Дариджан</b> ЭКСТРАКЦИОННАЯ СЕРООЧИСТКА НЕФТЯНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ.....	481
<b>Zh.A. Nurakhmetova, S.A. Kosparmakova, R.M. Dyusova, G.Zh. Seitenova, A.E. Jexembayeva</b> POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE MODIFICATION FOR ENHANCED BITUMEN PROPERTIES.....	495
<b>Н.Н. Нурғалиев, А.Т. Оразбеков, Ж.М. Жандосов, Б.С. Гайсина</b> БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ КӨМІРТЕКТІ АДСОРБЕНТТЕРДІҢ КЕУЕКТІ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН МЕНШІКТІ БЕТІН ЗЕРТТЕУ.....	502
<b>R.O. Orynassar, L.K. Tastanova, F.M. Kanapieva</b> CONVERSION OF C <sub>4</sub> -FRACTION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS ON ZEOLITE-CONTAINING CATALYST MODIFIED WITH CHROMIUM AND PHOSPHORUS.....	511
<b>П.С. Дмитриев, К.А. Островной*, И.А. Фомин, И.А. Зубань</b> ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПОЛУЧЕНИЯ САПРОПЕЛЯ ЭВТРОФНЫХ ОЗЕР СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	519
<b>G.N. Kalmatayeva, G.F. Sagitova, S.A. Sakibayeva, D.D. Asylbekova, Zh.K. Shukhanova</b> PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF VULCANIZATES CONTAINING WASTE FROM THE FAT AND OIL INDUSTRY.....	527
<b>A.S. Seitkan, S.A.T. Redfren</b> TOXICITY AND STABILITY OF IRON-ARSENIC ALLOY .....	536
<b>Б.С. Серикбаева, М.С. Сатаев, Ш.Т. Кошкарбаева, Н.К. Сарыпбекова</b> ПОЛИЭТИЛЕНДІ МЕТАЛДАНДЫРУ ҮШІН ФОТОХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ ҚОЛДАНУ.....	543
<b>С.Т. Тлеуова, А.С.Тлеуов, Д.Т. Пазылова, Н.Т. Сагиндикова, Ж.А. Туришбеков</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА АГЛОМЕРАЦИИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕФТЯНОГО КОКСА.....	552
<b>Қ. Амантайұлы, Е. Сайлауханұлы, Н.Н. Нурғалиев, С. Азат, Қ. Тоштай</b> ЕКІНШІЛІК МЫРЫШ КЕНДЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНАН (ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ) ШАЙМАЛАУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЫРЫШ, ҚОРҒАСЫН, МЫС ЖӘНЕ КАДМИЙДІ БӨЛІП АЛУ.....	562
<b>Zhao Dong, Gong Yanuo, Zhang Lixin</b> RESEARCH PROGRESS ON THE ROLE OF EXOGENOUS ADDITIVES IN THE FERMENTATION OF CIGAR TOBACCO LEAVES.....	571
<b>Yu Yao, Zhang Aojie, Zhang Lixin*</b> SCREENING OF XYLANASE PRODUCING STRAINS AND ITS APPLICATION IN FLUE-CURED TOBACCO LEAF FERMENTATION.....	578
<b>АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ.....</b>	590
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ.....</b>	595
<b>RULES FOR AUTHORS.....</b>	600

Басуға жіберілген күні 29.06.2024 ж. Пішімі 60x84 1/8  
Шартты баспа табағы 38,1  
Таралымы 100 дана. Бағасы келісімді.

---

Техникалық редакторы: Евлампиева Е.П., Семейская З.Т.  
Безендіруші: Мырзабеков С.Т.

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің  
Ақпарат комитетінде тіркелген  
Есепке қою туралы куәлік № KZ93VPY00033663 19.03.2021 ж.

Жылына 4 рет шығады

Құрылтайшысы: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғам

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің  
баспаханасында басылды

---

Редакцияның мекен-жайы: 071412, Абай облысы,  
Семей қаласы, ул. Глинки, 20 А  
Тел.: +7 (7222) 31-32-49, эл.почта: rio@semgu.kz