

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**

№ 4 (16) 2024

Семей, 2024

Ғылыми журнал «Шәкәрім Университетінің Хабаршысы» Техникалық ғылымдар сериясы»

№ 4 (16) 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, Новосибир мемлекеттік техникалық университетінің
доценті (Ресей, Новосибир 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, Челябин 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)

Оразбаев Батыр Бидайбекович – техника ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
профессоры (Қазақстан, Астана қ.)

Григорьева Светлана Владимировна – PhD, «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің» КЕАҚ,
қауымдастырылған профессоры (Қазақстан, Өскемен қ.)

Чектыбаев Бауржан Жамбулович – PhD, ҚР ҰҒА «Атом Энергиясы Институты» филиалының Термоядролық зерттеулер
бөлімінің басшысы (Қазақстан, Курчатов қ.)

Витюк Владимир Анатольевич – ф/м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, PhD, ҚР ҰҒА РМК бас директорының ғылым жөніндегі
орынбасары (Қазақстан, Курчатов қ.)

Нұғман Ерік Зейнелұлы – PhD, Ө. Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты, Satbayev University
(Қазақстан, Алматы қ.)

Ибрагимова Зауре Асилбековна – PhD, М. Әуезова атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, доценті (Қазақстан, Шымкент қ.)

Жазылу индексі: 76172

Редакция құрамы:

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

Редакцияның мекен-жайы:

071412, Абай облысы, Семей қ., Глинка 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»

№ 4 (16) 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 агробiotехнологий (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. Реддинг)

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

Драгов 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)

Оразбаев Батыр Бидайбекович – доктор технических наук, профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Казахстан, г. Астана)

Григорьева Светлана Владимировна – PhD, ассоциированный профессор НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева» (Казахстан, г. Усть-Каменогорск)

Чектыбаев Бауржан Жамбулович – PhD, Филиал Института атомной энергии РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (Казахстан, г. Курчатов)

Витюк Владимир Анатольевич – кандидат физико-математических наук, PhD, ассоциированный профессор, РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (Казахстан, г. Курчатов)

Нұрман Ерік Зейнелұлы – PhD, Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева, Satbayev University (Казахстан, г. Алматы)

Ибрагимова Зауре Асилбековна – PhD, доцент Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (Казахстан, г. Шымкент)

Подписной индекс: 76172

Технические редакторы:

Евлампиева Е.П.
Семейская З.Т.

Адрес редакции:

071412, область Абай, г. Семей, ул. Глиники, 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»

№ 4 (16) 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)
Lobasenko 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)
Orazbayev Batyr – Doctor of Technical Sciences, Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Kazakhstan, Astana)
Grigorieva Svetlana – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk)
Chektybayev Baurzhan – PhD, Head of Thermonuclear Research Department Branch of Atomic Energy Institute RSE NNC RK (Kazakhstan, Kurchatov)
Vityuk Vladimir – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, PhD, Associate Professor, Deputy Director General for Science, RSE NNC RK (Kazakhstan, Kurchatov)
Nugman Yerik – PhD, A. Burkitbayev Institute of Energy and Mechanical Engineering, Satbayev University (Kazakhstan, Almaty)
Ibrahimova Zaure – PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University (Kazakhstan, Shymkent)

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



T. Zhylykbayev^{1*}, A. Mendebayeva², A. Zolotov¹, A. Dvortsevoy³, D. Kozhakhmetova¹

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey 6 20 A Glinka Street

²Astana IT University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El avenue, 55/11

³Novosibirsk State Technical University,
630073, Russia, Novosibirsk, 20 Prospekt K. Marksа

*e-mail: zhitosya@mail.ru

THE USE OF SOCIAL NETWORK BOTS TO HELP THE WORK OF THE ACADEMIC DEPARTMENT

Annotation: The article discusses the reasons for the use of social network bots in the activities of the academic department and the method of their creation on the example of a bot for Telegram. The Python programming language and telebot library are used to create the bot. The article shows the method of obtaining a free token with the help of BotFather, for Telegram-bot.

The basic syntax commands of the telebot library are considered. The library provides convenient tools for creating and managing Telegram-bot functionality, including transmission of ordinary messages-responses in text format, messages-responses in video or picture format. Using these commands and functions will allow you to organise the bot's work. The use of these commands and features will allow you to organise effective interaction between the bot and the user.

Bots will allow students to quickly get answers to frequently asked questions. The use of bots of academic departments will also allow applicants to find out information about the required speciality. In addition, the use of such bots can greatly simplify communication between the school administration and those responsible for career guidance work of the university, which makes them an important tool in the educational sphere. The above shows that bots are an important tool in the educational sphere, contributing to the improvement of the quality of service and information.

Key words: Telegram, bot, Python, library, university, educational department.

Introduction

Currently, there is a 'boom' in the use of social networks and various messengers (Messengers) in all spheres of human life [1-2]. Such as: Instagram, Twitter, Telegram, WhatsApp, Facebook, TikTok, and others. According to sources [1-2], the popular social network is VKontakte, followed by Instagram (6.8 million), then Facebook (2.4 million), and closing the list is Telegram (about 2 million users).

Instagram is used not only to show and save your best moments in life, but also to advertise and sell consumer goods. At the moment, every shop, supermarket has its own Instagram account where they advertise their products.

Schoolchildren and students use messengers for messaging and file sharing, such as WhatsApp and Telegram, in parallel. In such messengers, specially designed bots are used for quick answers to frequent questions.

In our opinion, it is necessary to intensify the use of social networks in the work of academic departments. Universities promote the openness of events, including curatorial hours, by creating posts on Instagram and Facebook. But Telegram is bypassed. This can happen for several reasons:

1. The messenger is not known to the user;
2. Difficulties in working with messenger;
3. Ignorance of all messenger features.

Telegram allows you to exchange text messages and media files. In this messenger, it has become popular to use so-called bots, in which the answers are already recorded programmatically.

Conditions and methods of research

Telegram bot is a programme that performs various actions automatically or by a certain command [3]. Telegram bots are universal and perform many tasks:

1. Find a book, a film;
2. Listen to or download music;
3. Download videos from various video hosting sites;
4. Listen to radio channels;
5. Convert images, videos into various formats.

In academic departments, the questions arise, 'why does an academic department need a Telegram bot? What opportunities does it open up?'

If you develop a Telegram bot for a study department, it can be used to familiarise students with the composition of the department, as well as with various documents (schedule of examination sessions, tests, etc.). To write a Telegram bot, users need knowledge of the Python programming language at an intermediate level, with minimal knowledge of the programming language and syntax.

Before you start writing a code for a Telegram bot, you need to get a special encrypted code - a token. Token is a special encrypted code, which is the core of the bot and helps to distinguish it in the internal Telegram system. You can get the token in Telegram itself, the messenger allows you to get it with the help of a ready-made bot @BotFather (Figure 1).

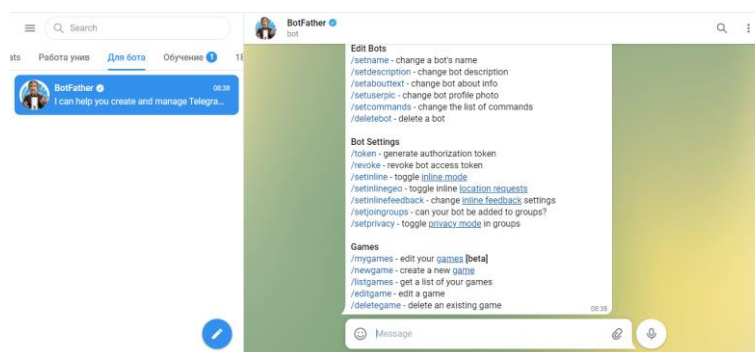


Figure 1 – BotFather's commands

To output a list of commands that BotFather can implement, the bot needs to write the command /start in the message field, and in response in the correspondence window the bot will output a list of possible commands (Figure 1). To create a new bot, the user needs to write in the message field either with the left mouse button or by pressing on the touch screen of the smartphone, select the command /newbot. In response, the bot will prompt you to write the name of the bot that will be visible to everyone and its short name. According to the source [4-5] the bot name should contain the word 'bot' at the end of the name. If everything has been entered correctly, BotFather will give you the following message containing the token in the correspondence window (Figure 2).

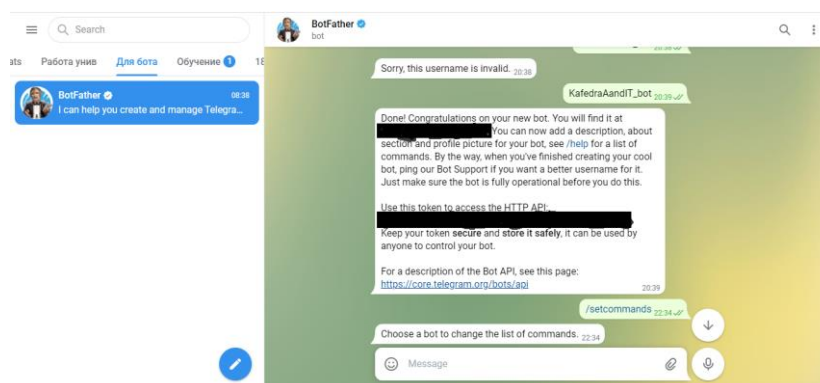


Figure 2 – Getting a token for Telegram bot

Research results

The next step is to install Python, preferably version higher than 3.7. And install the necessary PyTelegramBotAPI (telebot) library by typing the following command into the command line:

1. Under the Linux operating system:
`sudo apt-get install python python-pip`
2. Under the Windows operating system:
`pip install pytelegrambotapi`

After installing the library, open Python IDLE, create a new file (File-New file) and type the following code:

```
import telebot;
```

```
bot=telebot.TeleBot('Your token');
```

This code connects the installed library above, and creates a link to your bot.

To write commands to the bot, there are two ways to do it:

1. Set the bot to distinguish between written text;
2. Set the bot to distinguish only between commands.

If you choose the first method, you will need to write the code as follows:

```
@bot.message_handler(content_types=['text'])
```

```
def help_message(message):
```

```
if message.text == 'help':
```

bot.send_message(message.from_user.id, "This bot will help you answer common questions. If you do not find the question you are interested in, please contact the administrator");

```
bot.register_next_step_handler(message, start);
```

```
else:
```

```
bot.send_message(message.from_user.id, "I'm sorry, but there is no such command");
```

```
bot.register_next_step_handler(message, help_message);
```

The function '@bot.message_handler' explains to the bot what data it can process, in our case, the bot recognises only text.

According to source [6] the bot can distinguish between text, photo and video information.

Specific actions for the bot are written in the def function, which is specified by 'def help_message(message)'.

According to the listing the bot does the following: If the user writes 'help'. The bot sends a response, in chat, to the user, according to the message.from_user.id parameter of the bot.send_message function. The bot will respond by outputting the message specified in bot.send_message() in single quotes. It will switch to the next step specified by bot.register_next_step_handler(). If the user enters a different word from 'help', the code part after the else function will be executed.

To optimise the code, you can write the above code above using the if...elif...else condition function. It will look like this:

```
@bot.message_handler(content_types=['text'])
```

```
def get_text_message(message):
```

```
if message.text == '/help':
```

```
bot.send_message(message.from_user.id, Hello, what's your interest?)
```

```
elif message.text == '/admin':
```

```
bot.send_message(message.from_user.id, This bot has been created by Name, position')
```

```
else:
```

bot.send_message(message.from_user.id, Sorry but this command does not exist, make sure you enter it correctly')

Let's consider the second way of programming the bot so that the bot can distinguish between commands. To implement the second method, the following code must be written:

```
@bot.message_handler(commands=['help'])
```

```
def help_command(message):
```

```
bot.send_message(
```

```
message.chat.id, This bot is developed by the Department of IT-Technologies,"n'+
```

```
'that will help you answer frequently asked questions.\n'+
```

```
'If you do not find the question you are interested in, please contact the administrator.')
```

First, the name of the command is given to the bot, using the function '@bot.message_handler(commands=['help'])'. Then the def help_command(message) function is defined, where it specifies what the bot should do when the user enters the help command.

This way, all the commands you want to enter into the bot are prescribed. When programming the bot using the second method, the bot can output photos in response to commands.

To output photos in response to a message-command from a user, you need to write the following:

```
@bot.message_handler(commands=['AC_KZ'])
def AC_KZ(message):
    bot.send_photo(message.chat.id, 'https://cloud.mail.ru/public/BVeG/x3LHcoxmC')
```

The bot.send_photo() function, which has the following parameters, is used to respond to the bot in the form of a photo:

1. message.chat.id – to send a message to the chat room to the user from where the user accessed the bot;
2. The inverted commas indicate a link to the document or indicate the path, if you want to output a photo that you have on your computer, photo = open('file path', 'rb').

In order for the bot to be always on and endlessly process messages from users, it is necessary to specify the function:

```
bot.polling(none_stop=True, interval=0)
```

Conclusions

In the ongoing 'boom' of social networks, academic departments need to take advantage of the so-called 'boom'. Because the creation of accounts and bots in various popular social networks will allow to be closer to potential students.

Bots will allow you to quickly answer questions from applicants, students, and their parents. Accounts in social networks will allow applicants and their parents to get acquainted with the life of students at the university and the department, and students to be aware of all the events taking place in the department.

References

1. Media potreblenie v Kazahstane v 2020 godu: internet i soc seti pobezhdayut [Elektronnyj resurs] URL: <https://ekonomist.kz/zhussupova/mediapotreblenie-kazahstan-2020-internet/>
2. Vsyta statistika interneta i socsetej na 2021 god – cifry i trendy v mire i v Rossii [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.web-canape.ru/business/vsyta-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>
3. Boty "Telegram". Primery poleznyh i interesnyh [Elektronnyj resurs]. URL: <https://vc.ru/services/291596-boty-telegram-top-30-poleznyh-i-interesnyh>
4. Instrukciya: Kak sozdavat' botov v Telegram [Elektronnyj resurs]. URL: <https://habr.com/ru/post/262247/>
5. Prosto Telegram-bot na Python za 30 minut [Elektronnyj resurs]. URL: <https://habr.com/ru/post/442800/>
6. Telegram Bot API library manual [Elektronnyj resurs]. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>.
7. Kukulska-Hulme A. Will mobile learning change language learning? / A. Kukulska-Hulme // ReCALL. – 2009. – № 21(2). <https://doi.org/10.1017/S0958344009000202>.
8. Wang Y. Investigating the determinants and age and gender differences in the acceptance of mobile learning / Y. Wang, M. Wu, H. Wang // British Journal of Educational Technology. – 2009. – № 40(1).
9. Mobile Learning: Small Devices, Big Issues / M. Sharples et al // Technology-Enhanced Learning: Principles and Products. – 2009. https://www.researchgate.net/publication/44909945_Mobile_Learning_Small_Devices_Big_Issues
10. Traxler J. Mobile learning: The future of learning in the palm of your hand / J. Traxler // Education and Training. – 2005. – № 46(1).

Т.С. Жылқыбаев^{1*}, А.Д. Мендебаева², А.Д. Золотов¹, А.И. Дворцовой³, Д.О. Кожамметова¹

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

²Astana IT University,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Мәңгілік Ел, 55/11

³Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 20 Маркса

*e-mail: zhitosya@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БОТОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОМОЩИ РАБОТЫ УЧЕБНОЙ КАФЕДРЫ

В статье рассматриваются причины применения ботов социальных сетей в деятельности учебной кафедры и способ их создания на примере бота для Telegram. Для создания бота применяется язык программирования Python и библиотека telebot. В статье показан способ получения бесплатного токена с помощью BotFather, для Telegram-бота.

Рассматриваются основные команды синтаксиса библиотеки telebot, которая представляет удобные инструменты для создания и управления функционалом работы Telegram-бота, включая передачу обычных сообщений-ответов в формате текста, сообщений-ответов в формате видео или рисунков. Использование данных команд и функций позволит организовать работу бота. Использование данных команд позволяет организовать эффективное взаимодействие между ботом и пользователем.

Боты позволяют обучающимся быстро получать ответы на часто задаваемые вопросы. Применение ботов учебных кафедр позволит также абитуриентам узнать информацию о необходимой специальности. Кроме того использование таких ботов может значительно упростить связь между руководством школы и ответственными за профориентационную работу ВУЗ-а, что делает их важным инструментом в образовательной сфере. Вышесказанное показывает что боты являются важным инструментом в образовательной сфере, способствующие повышению качества обслуживания и информирования.

Ключевые слова: Телеграм, бот, Python, библиотека, ВУЗ, учебная кафедра.

Т.С. Жылқыбаев^{1*}, А.Д. Мендебаева², А.Д. Золотов¹, А.И. Дворцовой³, Д.О. Кожамметова¹

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

²Astana IT University,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы, 55/11

³Новосібір мемлекеттік техникалық университеті,
630073, Ресей, Новосибирск қ., к. Маркс даңғылы, 20 Маркс

*e-mail: zhitosya@mail.ru

Мақалада оқу кафедрасының қызметінде әлеуметтік медиа боттарын қолдану себептері және оларды Telegram үшін бот мысалында құру әдісі қарастырылады. Ботты құру үшін Python бағдарламалау тілі мен telebot библиотекасы қолданылады. Мақалада Telegram боты үшін BotFather көмегімен тегін токенті алу әдісі көрсетілген.

Telegram-боттың функционалдығын құруға және басқаруға ыңғайлы құралдарды ұсынатын telebot библиотекасының синтаксисінің негізгі командалары қарастырылады, соның ішінде қарапайым хабарламалар-мәтін форматындағы жауаптар, бейне немесе сурет форматындағы жауаптар. Осы командалар мен функцияларды пайдалану боттың жұмысын ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Бұл командаларды пайдалану бот пен пайдаланушы арасындағы тиімді өзара әрекеттесуді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Боттар студенттерге жиі қойылатын сұрақтарға жылдам жауап алуға мүмкіндік береді. Оқу кафедраларының боттарын қолдану талапкерлерге қажетті мамандық туралы ақпаратты білуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай боттарды пайдалану мектеп басшылығы мен ЖОО-ның кәсіптік бағдар беру жұмысына жауаптылар арасындағы байланысты едәуір жеңілдетеді, бұл оларды білім беру саласындағы маңызды құралға айналдырады. Жоғарыда айтылғандай, боттар білім беру саласында қызмет көрсету мен ақпараттандыру сапасын арттыруға ықпал ететін маңызды құрал болып табылады.

Түйін сөздер: Телеграм, бот, Python, библиотекалар, ЖОО, оқу кафедрасы.

Сведения об авторах

Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев* – магистр технических наук, преподаватель кафедры «IT-технологий»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhitosya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>.

Айдана Дарханқызы Мендебаева – магистр технических наук, специалист деканата ТОО «Astana IT University» Республика Казахстан; e-mail: aid0904@mail.ru.

Александр Дмитриевич Золотов – к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «IT технологий»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: azol64@mail.ru.

Александр Игоревич Дворцевой – доцент кафедры тепловых электрических станций Новосибирского государственного технического университета.

Динара Ошановна Кожаметова – PhD, декан «Высшая школа искусственного интеллекта и строительства»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев* – техника ғылымдарының магистрі, «IT-технология» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhitosya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>.

Айдана Дарханқызы Мендебаяева – техника ғылымдарының магистрі, Қазақстан Республикасы «Astana IT University» ЖШС деканатының маманы; e-mail: aid0904@mail.ru.

Александр Дмитриевич Золотов – т.ғ.к., «IT технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: azol64@mail.ru.

Александр Игоревич Дворцевой – Новосибир мемлекеттік техникалық университетінің жылу электр станциялары кафедрасының доценті.

Динара Ошановна Кожаметова – PhD, «Жасанды интеллект және құрылыс жоғары мектебі» декані; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru.

Information about the authors

Tursynkhan Zhylykybayev* – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department «IT technologies»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhitosya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8918-527X>.

Aidana Mendebayeva – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department «Automatization, Information Technology and Urban Planning»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aid0904@mail.ru.

Alexandr Zolotov – Candidate of technical sciences, associate Professor of the Department «IT Technologies»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: azol64@mail.ru.

Alexander Dvortsevov – Docent of Thermal Power Plants Department, Novosibirsk State Technical University.

Dinara Kozhakhmetova – PhD, dean of the «Graduate school artificial intelligence and construction»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru.

Received 29.08.2024

Revised 18.09.2024

Accepted 19.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-2](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-2)

FTAXP: 81.93.29



А.О. Закенова*, Ж.М. Алимжанова

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71
*e-mail: zakenova99@list.ru

ВЕБ-КАМЕРАЛАРДЫҢ ЖАСЫРЫН БҰЗЫЛУЫН БОЛДЫРМАУДЫҢ ТИІМДІ ӘДІСТЕРІ

Андатпа: Бұл мақалада веб-камералардың азаматтық және мемлекеттік секторларға жасырын кіруін болдырмаудың тиімді әдістері қарастырылады. Сонымен қатар, веб-камералардың қауіпсіздік мәселелері туралы ақпаратты арттыруға бағытталып, веб-камераларға бірнеше танымал шабуылдар, сондай-ақ азаматтық және үкіметтік секторлардағы веб-камералардың жасырын бұзылуына байланысты жоғары дәрежелі жағдайлар талқыланды. Веб-камераны бұзу-бұл пайдаланушылардың жеке өмірі мен қауіпсіздігін бұзу. Бұл мақала веб-камераны бұзудың себептері мен салдарын, сондай-ақ олардың зардап шегушілермен мен жалпы қоғамға әсерін талқылайды.

Веб-камераны бұзудың себептеріне хакерлерді ынталандыру, жеке ақпаратқа қол жеткізуге деген ұмтылыс, тыңшылық немесе тіпті қорқыту мен бопсалау жатады. Бұл шабуылдар қаржылық пайдаға, құпиялылықты бұзуға немесе жай ғана көңіл көтеруге байланысты болуы мүмкін.

Мақалада осалдықтарды пайдалану, фишингтік шабуылдар, зиянды бағдарлама және қашықтан қол жеткізу құралдарын қоса алғанда, шабуылдаушылар веб-камераларды бұзу үшін қолданатын әртүрлі әдістерді қарастырады.

Веб-камераны бұзудың салдары жойқын болуы мүмкін. Жәбірленушілер жеке өмірін жоғалтуға, құпиялылықты бұзуға, сондай-ақ олардың беделіне нұқсан келтіруге тап болады. Бұл сонымен қатар стресс пен мазасыздық сияқты психологиялық және эмоционалдық мәселелерге әкелуі мүмкін.

Веб-камераны бұзудың қоғамға әсері киберқауіпсіздік және жеке құрылғылар мен деректерді қорғауды күшейту қажеттілігі туралы сұрақтар туғызады. Бұл сонымен қатар пайдаланушыларға желідегі қауіпсіздік ережелері мен күшті парольдерді пайдалану туралы білім берудің маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: веб-камера қауіпсіздігі, RAT, Clickjacking, азаматтық сектор, үкіметтік сектор.

Кіріспе

Қазіргі әлемде веб-камералар біздің күнделікті өміріміздің бір бөлігіне айналды. Олар азаматтық және үкіметтік аймақта бейнеконференциялар, онлайн хабарлар, бейнебақылау және басқа да көптеген мақсаттарда қолданылады. Дегенмен, веб-камераның кең таралуымен бірге олардың жасырын бұзылу қаупі артуда.

Зиянкестер веб-камераларға рұқсатсыз кіруге және тіпті оларды нақты ақпарат жинау үшін пайдалануға тырысуда, барған сайын тапқыр және шебер бола бастады. Жасырын веб-камераны бұзу ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін, соның ішінде құпиялылықты бұзу, жеке басын ұрлау және бопсалау.

Веб-камера осалдығы – шабуылдаушыларға веб-камераға рұқсатсыз кіруге және оны иесінің келісімінсіз пайдалануға мүмкіндік беретін жүйенің, бағдарламалық құралдың немесе құрылғының әлсіздігі немесе кемшілігі.

Бұл веб-камераның қалаусыз іске қосылуына, пайдаланушының хабарынсыз суреттер мен бейнелердің жазылуына және басқа да құпиялылық пен қауіпсіздіктің бұзылуына әкелуі мүмкін.

Жасырын веб-камераны бұзу – бұл шабуылдаушы пайдаланушыны бақылау мақсатында компьютердің немесе басқа құрылғының веб-камерасына рұқсатсыз кіруге мүмкіндік беретін процесс [1].

Азаматтық және үкіметтік секторларда қолданылатын веб-камералар нақты талаптарға, ережелерге және оларды пайдалану мақсаттарына байланысты кейбір айырмашылықтарға ие. Осы секторларда қолданылатын веб-камералар арасындағы негізгі айырмашылықтарды 1-кестеден көре аламыз.

Маңызды фактор – бұл мәселе тек азаматтық сектормен ғана шектелмейді, ол құпия ақпаратты сақтайтын және шабуылдаушылар тарапынан нысанаға алынуы мүмкін мемлекеттік және мемлекеттік ұйымдарға да әсер етеді. Тиісінше, бұл зерттеу қоғамның барлық салаларында және веб-камералармен жұмыс істейтін ұйымдар үшін маңызды.

Материалдар мен тәсілдер

Киберқауіптердің армиясы барған сайын айлакер және бақыланбайтын шабуыл әдістерін көрсете отырып, жасырын веб-камера бұзудың алдын алу үшін осы салада зерттеу жүргізу өте маңызды.

Бұл зерттеу осалдықтарды анықтауға және пайдаланушылар мен ұйымдардың құқықтары мен құпиялылығын қорғау үшін веб-камера қауіпсіздігі бойынша ұсыныстар әзірлеуге бағытталған.

Кесте 1 – Азаматтық және үкіметтік секторларда қолданылатын веб-камералар айырмашылықтары

	Мақсаты	Қауіпсіздік және құпиялылық:	Сапа және сенімділік:
Азаматтық сектор	Жеке және коммерциялық мақсаттарда қолданылады. бейнеконференциялар, онлайн кездесулер, онлайн оқыту, тікелей эфир және бетпе-бет сөйлесу үшін қолданылады.	Жеке өмір мен қауіпсіздік азаматтық сектордағы маңызды аспектілер болып табылады, Пайдаланушылар веб-камера параметрлерін және құпиялылық мүмкіндіктерін басқара алады.	Веб-камералар сапасы мен функционалдығы жағынан әр түрлі. Олар жалпы пайдалануға арналған және әртүрлі бағамен қол жетімді.
Үкіметтік сектор	Қауіпсіздікті бақылау, Көпшілік жиналыстар мен тыңдаулар, мемлекеттік органдармен байланыс, қашықтан жұмыс істеу және ресми үкіметтік іс-шараларға арналған телеконференциялар сияқты әртүрлі мақсаттарда қолданылады.	Мемлекеттік органдар көбінесе қауіпсіздік пен құпиялылыққа қатаң талаптар қояды. Мемлекеттік мақсатта пайдаланылатын Веб-камералар құпия ақпаратты қорғауды қамтамасыз ететін және рұқсатсыз кіруге жол бермейтін ережелерге бағынуы мүмкін.	М органдарға олардың коммуникацияларының сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін шифрлау сияқты жетілдірілген мүмкіндіктері бар жоғары сапалы веб-камералар қажет. Бұл веб-камералар белгілі бір стандарттар мен сертификаттарға сәйкес.

Веб-камераларды бұзу әдістері олардың қалай қолданылатынына және шабуылдаушылар қандай осалдықтарды пайдалана алатынына байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Міне, веб-камераны бұзудың негізгі 3 әдіске бөліп қарастырайық:

- Зиянды бағдарламалар және қашықтан қол жеткізу құралдары

Хакерлер жәбірленушінің веб-камерасын бақылау үшін зиянды бағдарламалар мен қашықтан қол жеткізу құралдарын жиі пайдаланады. Зиянды бағдарламалық жасақтаманы заңды қосымшалар немесе тіркемелер ретінде жасыруға болады, сондықтан интернеттен файлдарды жүктеу кезінде абай болу керек.

- Фишингтік шабуылдар

Фишинг хакерлердің веб-камераларға кіруінің кең таралған әдісі болып қала береді. Пайдаланушыларды зиянды сілтемелер арқылы өтуге немесе жеке ақпарат беруге алдау арқылы хакерлер құрылғыларды бұзып, рұқсатсыз кіре алады.

- Осалдықтарды пайдалану

Ескірген бағдарламалық жасақтама және қауіпсіздік осалдықтары хакерлер үшін кіру нүктесі бола алады. Олар пайдаланушының веб-камерасын және басқа да құпия ақпаратты бақылау үшін осы әлсіз жерлерді пайдаланады. Бағдарламалық жасақтаманы үнемі жаңартып отыру және күшті парольдерді пайдалану бұл тәуекелдерді азайтады.

Сонымен қатар Thermax көмегімен камераны бұзу тәсіліне тоқталсақ:

Алғашқы сипатталатын қашықтықтан басқару құралын пайдаланып жүйедегі трояндық ат шабуылы. Қашықтан басқару құралы (RAT) – әдетте пайдаланушыны білмей компьютерді жасырын бақылау үшін қолданылатын бағдарлама. RAT пайдаланушы енгізген әрбір пернені басуды түсіре алады, сонымен қатар хосттың веб-камерасына кірген кезде бейнені жасырын түрде жаза алады. RATs ноутбукты бақылауда және ұрыны жасырын суретке түсіру арқылы ұрлықтан қалпына келтіруде маңызды рөл атқаруы мүмкін болса да, RAT-ті шабуылдаушы жәбірленушінің суреттері мен бейнежазбаларын білмей түсіру үшін де пайдалана алады. Пайдаланушылар RAT-ты өз компьютеріне білмей әр түрлі тәсілдермен орната алады: вирус жұққан қосымшаны ашып, жүктеу сілтемесіне өту арқылы, берілген рұқсаттары бар жаңа құралдар тақтасын орнатып, т.б. RAT орнатылғаннан кейін, шабуылдаушы хосттың веб-камера бағдарламалық жасақтамасына оңай қол жеткізе алады және кез-келген уақытта веб-камераны қосады [3].

Келесі веб-камера арқылы Adobe Flash ортасындағы Clickjacking көмегімен жасалатын шабуыл түріне келетін болсақ, Clickjacking – бұл пайдаланушының веб-сеансын түсіру үшін frames қолданылатын зиянды әдіс. Clickjacking шабуылдаушыға жәбірленушінің зиянсыз

шертулерін ұстап алуға және оларды JavaScript көмегімен немесе JavaScript көмегін пайдаланбай-ақ ішкі кадрлар болып табылатын мақсатты веб-беттерге жіберуге мүмкіндік береді [4].

Құрылғының камерасы бұзылса не болуы мүмкін?

Рұқсат етілмеген бақылау. Камераға кірген шабуылдаушы оны сізді немесе айналаңызды бақылау үшін пайдалана алады. Ол сіздің жеке немесе іскери әңгімелеріңізді жаза алады, интернет-банкингті пайдалануды немесе жеке деректерді енгізуді жаза алады. Бұл сіздің жеке өміріңізді бұзады және сезімтал ақпараттың ағып кетуіне, қаржылық шығындарға және басқа да жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Егер шабуылдаушылар бұзылған камерамен түсірілген айыптау материалдарын ала алса, оларды бопсалау үшін қолдана алады. Ешбір жағдайда қауіп-қатерге бой алдырмаңыз және зиянкестердің талаптарын орындамаңыз. Оның орнына құқық қорғау органдарына жүгіну керек [5].

Нәтижелер

Веб-камераны бұзудың қиындықтары мен сипаттамалары назар аударуға және талдауға тұрарлық бірқатар маңызды аспектілерді қамтиды. Олардың кейбірін толығырақ қарастырайық:

- Құпиялылықты бұзу: негізгі мәселелердің бірі-пайдаланушылардың жеке өмірін бұзу. Веб-камераны бұзу шабуылдаушыларға адамның жеке кеңістігіне қол сұғуға, оны орынсыз сәттерде бақылауға және оның келісімінсіз бейне жазуға мүмкіндік береді.
- Тыңшылық және барлау: веб-камераларды тыңшылық және барлау үшін пайдалануға болады. Зиянкестер құнды ақпарат жинау арқылы белгілі бір адамдардың, ұйымдардың немесе мекемелердің қызметін бақылау мақсатында веб-камераларға қол жеткізе алады.
- Қауіпсіздікті бұзу: веб-камераны бұзу пайдаланушының компьютеріне немесе желісіне ауыр шабуылдардың алғашқы қадамы болуы мүмкін. Зиянкестер жүйеге кеңірек кіру үшін веб-камераға кіруді пайдалана алады.
- Техникалық аспектілер: веб-камераны бұзу әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін, соның ішінде зиянды бағдарламаларды (малвари) пайдалану, бағдарламалық жасақтаманың осалдығы, желілік трафикті ұстап қалу және басқа да техникалық әдістер..
- Заңнама және жаза: веб-камераны бұзудың құқықтық аспектілері де маңызды. Құқық бұзушылар, егер олардың әрекеттері киберқауіпсіздік және жеке өмір туралы заңдарды бұзса, қылмыстық жауапкершілікке тартылуы мүмкін [6].

Осы сипаттамалар мен мәселелерді зерттеу және түсіну веб-камералардың бұзылуын болдырмаудың және пайдаланушылардың жеке өмірін қорғаудың тиімді стратегияларын әзірлеу үшін маңызды.

Мұндай шабуылдардан қорғау үшін негізгі қауіпсіздік шараларын сақтау маңызды, мысалы:

- Осалдықтарды жою үшін операциялық жүйені және бағдарламалық құралды үнемі жаңартып отырыңыз.
- Зиянды бағдарламаны анықтау және блоктау үшін антивирустық бағдарламалық құрал мен брандмауэрді пайдаланыңыз.
- Электрондық хаттардағы тіркемелерді ашқанда және сенімсіз көздерден файлдарды жүктеп алған кезде абай болыңыз.
- Веб-камера жұмысын үздіксіз бақылаңыз және қажет болса, оны пайдаланбаған кезде физикалық немесе бағдарламалық түрде өшіріңіз.
- Интернетке қосылған құрылғылардың стандартты құпия сөздері мен логиндерін өзгертуді және күшті және бірегей құпия сөздерді пайдалануды ұмытпаңыз [7].

Осы шараларды орындау сіздің жасырын веб-камераңызды бұзу қаупін азайтады.

Ноутбуктің Веб-камераларын зиянды бағдарламалар мен құқық қорғау органдары жасырын түрде іске қоса алады. Сол себепті, американдықтардың 59% пайызы қадағалауды болдырмау үшін веб-камераларды қолмен жабуды жөн көреді. Дегенмен, қолмен жасалған мұқабалар адам қателіктеріне бейім – себебі 200 пайдаланушыдан сұхбат алғаннан кейін, олардың 61,5%-ы кейде веб-камераны қолданғаннан кейін мұқабаны қайта жабуды ұмытып кететіні анықталған. Байқағандарыңыздай шабуылдардан қорғануда қауіпсіздікке толық кепілдікті ешқандай жолмен сақтай алмаймыз сол себептен мүмкіндігі жоғары деген

антивирустық бағдарламаларды орнатып жаңартып отыру ең тиімді жолы болып есептеледі [8].

Талқылау

Компьютерлік технологиялар адам өмірінің барлық салаларында кеңінен қолданылады.

Біз үшін антивирустық бағдарламалар арқылы қорғану ыңғайлы. Ең жақсы антивирустық бағдарламаны 2 – кесте арқылы анықтап көрейін. Бұл, ең алдымен, кез-келген мекеменің жұмысын оңтайландыруға және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді [9].

Кесте 2 – Веб-камера қорғауға арналған антивирустық бағдарламалардың техникалық сипаттамалар

Аты	ESET Internet Security	Bitdefender	ShieldApps Webcam Blocker	Avast Antivirus
Веб-сайттың мекен-жайы	https://www.spysheiter.com/	https://a.pr-cy.ru/www.bitdefender.com/	https://shieldapps.com/products/shieldapps-webcam-blocker/	https://www.avira.com/ru
Веб-сайтты жүктеу жылдамдығы	0.15 сек – тексерілген сайттардың 93%-дан жылдамырақ.	1.75 сек – тексерілген сайттардың 16%-дан жылдамырақ.	1.36 сек – быстрее чем 22% проверенных сайтов.	0.41 сек – тексерілген сайттардың 74%-дан жылдамырақ.
Домен жасы	?	-	12 жыл	-
Технологиялар	Google Analytics Google Tag Manager	Adobe Experience Manager CloudFlare Facebook Google Analytics Google Tag Manager jQuery Java	AdRoll Apache Facebook Google Analytics Google Font API Google Tag Manager TweenMax jQuery Twitter Bootstrap WordPress WordPress PHP	Google Analytics Google Tag Manager
SSL-сертификат	Сайт https арқылы қол жетімді. Сертификат 05.01.2022 дейін жарамды.	Сайт https арқылы қол жетімді. Сертификат 24.11.2021 дейін жарамды.	Сайт https арқылы қол жетімді. Сертификат 18.01.2023 дейін жарамды	Сайт https арқылы қол жетімді. Сертификат 21.06.2023 дейін жарамды.
Доменнің аяқталуы	-	-	Домен 13.02.2023 дейін ұзартылды	-
Сервер орны	Америка Құрама Штаттары	Америка Құрама Штаттары	Канада	Нидерланды
HTML бетінің өлшемі	12 КБ	15КБ	14КБ	33КБ
Веб-сайтты бағалау	84,09/100	83,72/100	84,78/100	93,33/100
Сыни қателер	191 қате	3 қате.	53 қате.	179 қате.
Ескертулер	5 ескерту табылды.	4 ескерту табылды	21 ескерту табылды	20 ескерту табылды

2 – кесте бойынша анализ нәтижесінде веб-камера қорғауға арналған антивирустық бағдарламалардың ішінен техникалық сипаттамаларына қарай отыра ен тиімді ESET Internet Security антивирустық бағдарламасы болды. Басқа антивирустық бағдарламалардан артықшылығы: Көп деңгейлі қорғаныс:

- Бағдарлама бірнеше деңгейде қорғауды қамтамасыз етеді, соның ішінде антивирустық қорғау, фишингтік шабуылдардан қорғау, зиянды бағдарламалардан қорғау

және онлайн қауіптерден қорғау. Бұл қауіптердің кең ауқымын анықтауға және блоктауға мүмкіндік береді.

- Жетілдірілген нақты уақыттағы қорғау: ESET Internet Security бағдарламасы қауіптерді олар пайда болған кезде бірден анықтау және блоктау үшін құрылғыны және желі әрекетін бақылайтын нақты уақыттағы қорғауды ұсынады.

- Вирусқа қарсы және шпиондық бағдарламаға қарсы мүмкіндіктер: Бағдарлама тек вирустардан қорғауды қамтамасыз етіп қоймайды, сонымен қатар шпиондық бағдарламаларды, трояндарды, руткиттерді және басқа зиянды бағдарламаларды анықтауға және жоюға қабілетті [10].

Қорытынды

Қорытындылай келе, веб-камераларды жасырын бұзу – бұл соңғы уақытта көптеген тақырыптарға ене бастаған құбылыс, өйткені веб-камера мүмкіндіктерін жеке зиянкестер де, мемлекеттік органдар да қолданады. Киберқауіпсіздік әлеміндегі маңызды тұрақтылардың бірі-шабуылдаушылардың мотивациясының әртүрлілігі. Оларға ақша табуға деген ұмтылыс, интрига, билікке деген құштарлық немесе тіпті ойын-сауық себеп болуы мүмкін. Мотивтердің бұл әртүрлілігі веб-камераны бұзу мәселесін күрделі және жан-жақты етеді. Нәтижесінде жеке тұлғалар да, ұйымдар да өздерінің веб-камералары мен жеке ақпараттарын қорғау үшін шаралар қабылдауы керек.

Веб-камераларды бұзу ауыр зардаптарға әкеледі. Бұл құпиялылықтың бұзылуына, психологиялық және эмоционалдық мәселелерге, сондай-ақ ықтимал қаржылық шығындарға әкелуі мүмкін. Жәбірленушілер бопсалауға және беделін жоғалтуға тап болуы мүмкін. Сондықтан веб-камералардың бұзылуын болдырмау және құрылғыларды қорғау қаншалықты маңызды екенін атап өту маңызды.

Бұл тұрғыда, қорғаныс шаралары біздің киберқауіпсіздігіміздің ажырамас бөлігіне айналуға. Пайдаланушылар антивирустық бағдарламалық жасақтаманы пайдалануы, бағдарламаларды үнемі жаңартып отыруы, күшті парольдер жасауы және пайдаланылмаған кезде веб-камераларды жабу арқылы физикалық қауіпсіздікке назар аударуы керек. Сонымен қатар, пайдаланушыларға киберқауіпсіздік ережелері туралы білім беру веб-камераның бұзылуымен күресудің маңызды аспектісіне айналуға.

Әдебиеттер тізімі

1. Preventing Covert Webcam Hacking in the Civilian and Governmental Sectors / A. Sydney Jones et al // International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI). – 2016. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2016.0190>.
2. M. Asim Tech, Camera Hacking Using Termux. – 2022. <https://www.masimtech.com/2022/01/Camera-Hacking-Using-Termux.html>.
3. Kharb L. RAT: Remote Administrative Trojan / L. Kharb, S. Singh // Techniques To Avoid Webcam Hacking. Pallavi Suresh Poojary. – 2019. – P. 50-53.
4. Preventing Covert Webcam Hacking in the Civilian and Governmental Sectors / A.S. Jones et al // International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI). – 2016. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2016.0190>.
5. Adhikarla E. Face Mask Detection on Real / E. Adhikarla, B.D. Davison // Proceedings of the Conference on Information Technology for Social Good. – 2021. <https://doi.org/10.1145/3462203.3475903>.
6. Proceedings of the ACM on Interactive / Y. Do et al // Wearable and Ubiquitous Technologies/ – 2021. – № 154. – Vol. 5. – P. 1-21. <https://doi.org/10.1145/3494983>.
7. Fa Zh. Civilian Characteristics and Casualties Of Terrorist Attacks in Public Places / Zh. Fa, W. Song-Chun, S. Zhi-Hua // ICCMS '20: Proceedings of the 12th International Conference on Computer Modeling and Simulation. – 2020. – P. 109-114. <https://doi.org/10.1145/3408066.3408070>.
8. Wisiecka K. Comparison of Webcam and Remote Eye Tracking / K. Wisiecka, I. Krejtz, D. Sromek // ETRA '22: Symposium on Eye Tracking Research and Applications. – 2022. – № 32. – P. 1-7. <https://doi.org/10.1145/3517031.3529615>.
9. Adhikarla E. Face Mask Detection on Real-World Webcam Images / E. Adhikarla, B.D. Davison // Proceedings of the Conference on Information Technology for Social Good. – 2021. – P. 139-144. <https://doi.org/10.1145/3462203.3475903>.

10. Sowjanya P.L. Image Encryption Using Secure Force Algorithm With Affine Transform For Wsn / P.L. Sowjanya, K.S. Lorraine // Webology. – 2022. – Vol. 19, № 1. <http://www.webology.org>.

А.О. Закенова*, Ж.М. Алимжанова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, Алматы, проспект аль-Фараби, 71

*e-mail: zakenova99@list.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СКРЫТОГО ВЗЛОМА ВЕБ-КАМЕР

В данной статье рассматриваются эффективные способы предотвращения проникновения веб-камер в гражданский и государственный сектор. Кроме того, в целях повышения осведомленности о проблемах безопасности веб-камер обсуждались несколько громких атак на веб-камеры, а также громкие случаи скрытого взлома веб-камер в гражданском и государственном секторах. Взлом веб-камеры является нарушением конфиденциальности и безопасности пользователей. В этой статье рассматриваются причины и последствия взлома веб-камер, а также их влияние на жертв и общество в целом.

Причинами взлома веб-камеры могут быть поощрение хакеров, желание получить доступ к личной информации, шпионаж или даже угрозы и шантаж. Эти атаки могут быть мотивированы финансовой выгодой, вторжением в частную жизнь или просто развлечением. В статье рассматриваются различные методы, используемые злоумышленниками для компрометации веб-камер, включая использование уязвимостей, фишинговые атаки, вредоносное ПО и инструменты удаленного доступа. Последствия взлома веб-камеры могут быть разрушительными. Жертвы сталкиваются с утратой частной жизни, нарушением конфиденциальности, а также возможным ущербом для их репутации. Это также может привести к психологическим и эмоциональным проблемам, таким как стресс и тревожность.

Влияние взломов веб-камер на общество поднимает вопросы о кибербезопасности и необходимости усиления защиты личных устройств и данных. Это также подчеркивает важность образования пользователей о правилах безопасности в сети и использовании надежных паролей.

Ключевые слова: безопасность веб-камеры, RAT, Clickjacking, гражданский сектор, правительственный сектор.

A.O. Zakenova*, Zh. Alimzhanova

Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi Avenue, 71

*e-mail: zakenova99@list.ru

EFFECTIVE WAYS TO PREVENT HIDDEN HACKING OF WEBCAMS

This article discusses effective ways to prevent the intrusion of webcams into the civil and public sectors. In addition, several high-profile attacks on webcams, as well as high-profile cases of covert breaches of webcams in the civilian and government sectors, were discussed in an effort to raise awareness of webcam security issues. Hacking a webcam is a violation of privacy and security of users. This article discusses the causes and consequences of webcam hacking, as well as their impact on victims and society at large.

Reasons for hacking a webcam include encouraging hackers, the desire to access personal information, espionage, or even threats and blackmail. These attacks may be motivated by financial gain, invasion of privacy, or simply for fun. The article examines the various methods attackers use to compromise webcams, including exploiting vulnerabilities, phishing attacks, malware, and remote access tools.

The consequences of hacking a webcam can be devastating. Victims face loss of privacy, violation of confidentiality, as well as possible damage to their reputation. It can also lead to psychological and emotional problems such as stress and anxiety.

The impact of webcam hacks on society raises questions about cybersecurity and the need to strengthen the protection of personal devices and data. It also highlights the importance of educating users about network security rules and the use of strong passwords.

Key words: web-cam security, RAT, Clickjacking, civil sector, government sector.

Авторлар туралы мәліметтер

Айжан Оразбекқызы Закенова* – «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының магистранты; Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: zakenova99@list.ru

Жанна Муратбековна Алимжанова – физика – математика ғылымдарының кандидаты, профессор; Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: zhannamen@mail.ru

Сведения об авторах

Айжан Оразбеккызы Закенова* – магистрант кафедры «Информационные системы»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: zakenova99@list.ru

Жанна Муратбековна Алимжанова – кандидат физико-математических наук, профессор; Казахский национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: zhannamen@mail.ru

Information about the authors

Aizhan Orazbekkyzy Zakenova* – Master's student of the department of Information systems; Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: zakenova99@list.ru

Zhanna Muratbekovna Alimzhanova – candidate of physics and mathematics, professor; Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: zhannamen@mail.ru

Редакцияға енуі 24.04.2024

Өңдеуден кейін түсуі 07.10.2024

Жариялауға қабылданды 08.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-3](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-3)



FTAXP: 50.43.15

Д.О. Кожаметова*, А.Ж. Адылканова, Р.Н. Назаров

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru

АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА МҰНАЙДЫ ТЕРЕҢ ӨҢДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ НЫСАННЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ

Андатпа: Мақалада қондырғы жұмысын басқаруды оптимизациялау үшін көпкритерийлік жағдайында модельдеу әдістері мен тәсілдері қарастырылды. Мұнайды терең өңдеу технологиялық кешендерінің тиімділігін математикалық модельдеу негізінде шешім қабылдау арқылы арттыру тәсілдері келтірілді. Мамандардан келіп түскен ақпаратты алып өңдеу әдісіні expertтік бағалау тәсілінің құрылымдық сұлбасы құрылып, зерттеу нысанына талдау жасалынды.

Айқын емес ортада технологиялық кешеннің математикалық сипатын жетілдіру кезінде, expertтер көрсеткішті көлемдік бағалай алмаған жағдайда, expertтік бағалау әдісін пайдалану мәселелері зерттелді. Лингвистикалық тәсіл негізінде, сапалы ақпарат көмегімен айқын емес ортада expertтік сауалнаманы ұйымдастырып жүргізуге мүмкіндік беретін expertтік бағалау әдісі қарастырылды.

Жинаған сапалы ақпарат және зерттеу нәтижелері негізінде реактордың математикалық моделі құрылып, құрылған модель негізінде технологиялық жүйенің тиімді жұмыс режимін таңдау үшін басқару тапсырмалары қалыптастырылды. Алынған expertтік ақпарат негізінде каталитикалық крекинг блогы реакторының кірістік параметр жұмысын сипаттайтын мәліметтер қоры ережесі құрылып лингвистикалық айнымалылары жасақталды.

Айқын емес ортада каталитикалық крекинг құрылғы қондырғысының технологиялық үрдісін басқару мысалында шешім қабылдаудың көпкритериалдық есебінің математикалық қойылымы алынды. Ұсынылып отырған, маман-expertтердің тәжірибесі мен білімі негізінде алынған алгоритм, шешім қабылдаушы тұлғаға процессті тиімді басқаруға және дұрыс жұмыс режимін таңдауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Айқын емес логика, expertтік бағалау, шешім қабылдау, оптимизациялау алгоритмі, математикалық модель, каталитикалық крекинг.

Кіріспе

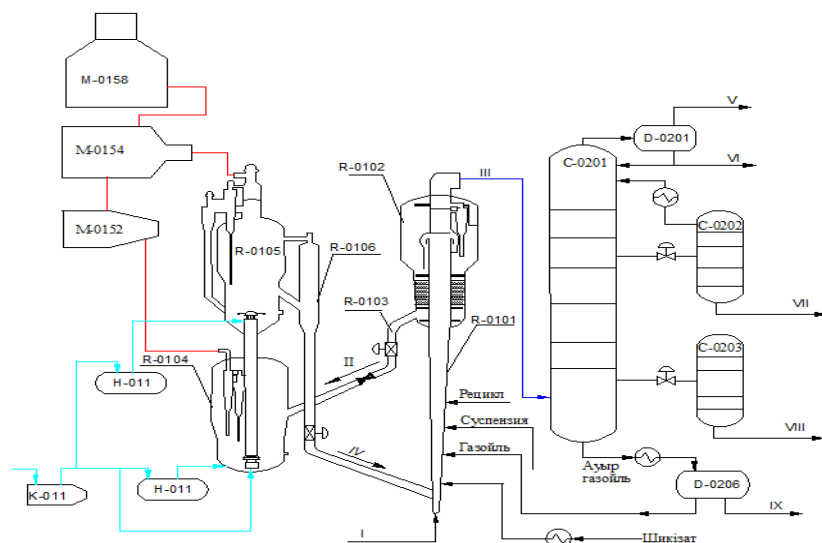
Қазақстанның экономикалық дамуына мұнай өңдеу және мұнай химиялық үрдістері маңызды роль атқарады. Елімізде соңғы жылдары октан саны жоғары бензинге сұраныс

артуда. Қазіргі таңда елімізде жоғары октанды бензинді тұтыну 3,5 млн. тоннаға шаққанда ай сайын 69% құрайды. Қазақстанның МӨЗ көмірсутек газын өңдеу соңғы жылдары біршама артқан 3348 мың.тонн. құрайды. Бұл дегеніміз, жоғары октанды бензинді пайдалану қажеттілігінің қалған 31% шет елдік импорт есебінен жабылады. Осыған байланысты еліміздегі мұнай өңдеу саласының қазіргі жағдайы, октан саны жоғары бензин өндіру көлемін ұлғайту қажеттілігін көрсетіп отыр.

Мұнайды терең өңдеу өндірісінің стратегиялық маңызды үрдістердің бірі ол каталитикалық крекинг қондырғысы болып табылады, оның басты мақсаты жоғары октандық бензин алу [1-4].

Мұнай өңдеу өндірісінің кешендері түрлі процестер (физикалық, физика-химиялық) өтетін өз-ара байланысқан түрлі технологиялық агрегаттардан тұратын күрделі жүйе болып табылады. Технологиялық үрдіс тиімділігін арттыру мақсатында зерттеу мен оптимизациялау үшін олардың қасиеті мен жағдайын, типін және басқа ерекшеліктерін ескеретін математикалық модельдерін құру керек. Мұндай модельдер компьютердің көмегімен, мұнай өңдеу жүйелері мен процестерін зерттеу барысын тездетеді және жеңілдеті алады. Ал зерттеу объектілерін тиімді оптимизациялау үшін, математикалық модельдер негізінде технологиялық кешендердің тиімді жұмыс режимдерін табуға мүмкіндік беретін оптимизациялау алгоритмдері қажет болады.

Мұнайды терең өңдеудің каталитикалық крекинг қондырғысы (ККҚ) технологиялық үрдістері арнайы құрастырылған агрегаттарда жүреді. Шығыстық өнім өзара байланысқан реактор, регенератор, фракциондау колоннасы, сепаратор сияқты технологиялық агрегаттардан тұратын кешеннен алынады сурет 1. Мұнай өңдеу өндірісінде мұндай кешен технологиялық қондырғы деп аталады. Осылайша, мұнайды өңдеу, шикі мұнайды өңдеуге дайындау, мұнай өнімін терең өңдеу сияқты үрдістерден тұратын, технологиялық қондырғыларда мұнай өңдеу зауыттарының (МӨЗ) физикалық және физика-химиялық үрдістерді жүзеге асыратын жиындардан тұрады [5].



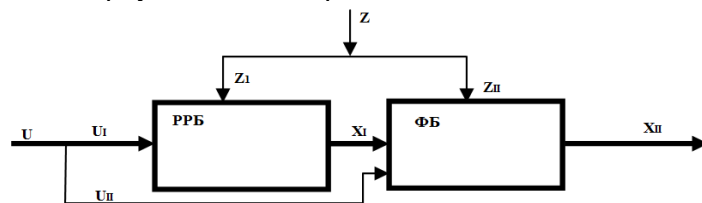
Сурет 1 – Каталитикалық крекинг қондырғысының технологиялық сұлбасы

R0101 – лифт-реактор, R0102 – реактор-сепаратор; R0104 – регенератордың I сатысы; R0105 – регенератордың II сатысы, C0201 – ректификация колоннасы; I – шикізат; II – қосылған катализатор; III – реактордан шыққан өнім; IV – регенерацияланған катализатор; V – газ; VI – қышқыл су; VII – бензин; VIII – газойль; IX – 343°C жоғары қалдық

Каталитикалық крекинг үрдісінің негізгі параметрлері температура, қысым, шикізатты берудің көлемдік жылдамдығы, катализатор белсенділігі болып табылады. Барлық типтік қондырғыларда каталитикалық крекинг температура 470-550°C кезінде, қысымы 0,27 МПа, қондырғының типіне қарай шикізатты беру жылдамдығы (лифт-реакторда) – 80-120 м³/шикізат; қайнау қабатымен жүйеде – 1-30 м³/шикізат жүреді. Катализатордың регенерациялау температурасы 600-760°C құрайды сурет 2 [5, 6].

Технологиялық қондырғыны басқару мақсаты оның тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету. ККҚ басқару есебін шешу оның негізгі агрегаттары реактор блогы мен фракциондау бөлігін (сурет 2) басқару есебіне әкеледі. Олар U – басқарушы әсер факторы, Z – ауытқу векторы, X – шығыстық шама векторы (критерийлер мен шектеулер компоненті). Реактор-регенератор

блогы (РРБ) мен фракциондау блогы (ФБ) арасындағы байланыс шикізат бойынша жүзеге асады: РРБ шығысында көмірсутекті газ ФБ үшін шикізат болып табылады.



Сурет 2 – Басқару нысаны ретінде ККҚ жалпыланған құрылымдық сұлбасы

ККҚ басқару нысаны ретінде кірістік және шығыстық айнымалылармен, басқарушы және ауытқу әсерімен (координаталар) сипатталады.

Шығыстық координаталар – ол критерийлер мен шектеулердің бақыланылатын компоненттері, ал аралық ол – кірістік әсерден тәуелді және шығыстық айнымалыларға әсер ететін параметрлер. Аралық координаталар – пеш, реактор мен регенератор араларын байланыстырып тұратын материалдық және энергетикалық ағынмен сипатталады. Оларға өнім көлемі мен оның температурасы, реактор – регенераторындағы қайнау қабатының деңгейі мен темеператруасы, циркуляцияланатын катализатор шығыны мен катализатордағы кокс көлемі жатады.

Материалдар мен әдістер.

Заманауи мұнай өңдеу өндірістері жүретін үрдіс өз-ара байланысқан, көп режимді ішкі жүйелермен сипатталады.

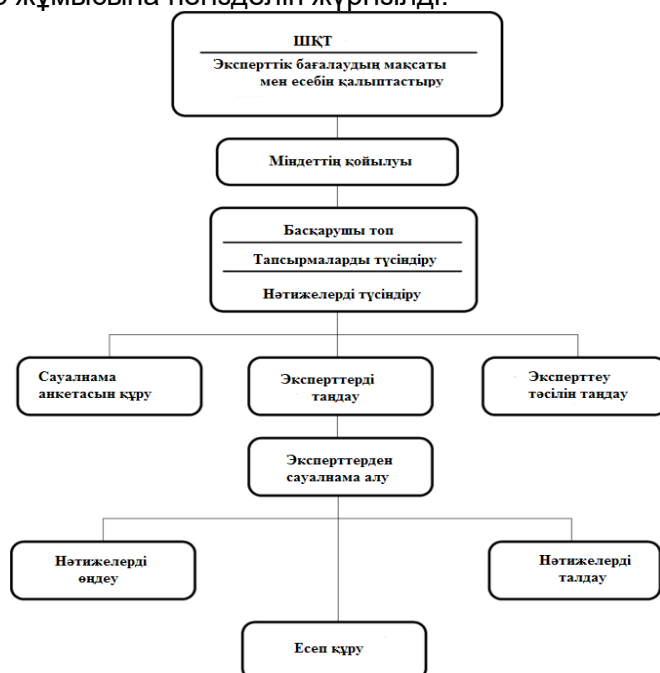
Мұнай өңдеудің технологиялық жүйесіне жүйелік математикалық модельдеу әдісін пайдалану кезінде нақты модельдеу мақсатын анықтап алу қажет. Шынайы қалыптасқан жүйені толық құру мүмкін емес – қойылған мәселеге қарай мұнай өңдеудің зерттелетін технологиялық қондырғысының математикалық моделі құрылады [7, 8].

Өр-түрлі қолданбалы есептерді шешу әдістерінің бірі модельдеу және математикалық әдістерді пайдалану болып табылады. Көптеген есептерді толық талдап математикалық формализациялау және күрделі жүйелерді басқару, өндірістік нысандардың күрделілігі мен ақпараттың сапалы сипатымен жүзеге асыру мүмкін болмайды. Өндірістің дамуымен қатар оларды басқару күрделілігі өсіп қана қоймай, шешім қабылдау сапасына да талап күшейеді. Олардың нәтижесіне әсер ететін көптеген факторларды ескеріп шешім негізін жоғарлату үшін жетекші мамандардың, шешім қабылдайтын тұлға (ШҚТ) пікірлеріне дәлел, есептік түрде негізделген талдау қажет. Мамандардан келіп түскен ақпаратты алып өңдеу әдісінің бірі эксперттік бағалау болып табылады [9, 10].

Эксперттік бағалау тәсілінің әдістемелік негізі маман эксперттерден қажетті ақпаратты (сапалы бағаланаған түрде) алып, өңдеп және жиналған ақпаратты дайындап шешім қабылдаумен қорытындыланады. Көрсеткіштердің көпмәнділігі, көпөлшемділігі және сапалы өр-түрлілігі нысанның, жүйенің бағаланатын тиімділігіне қатысты шынайы кедергілер болып табылады. Мұндай жағдайда есептеулерді пайдалану мамандардың, ШҚТ пікірі негізінде жүзеге асады. Мәселенің қаншалықты күрделілігін сезіну, түсіну ШҚТ айқын емес жағдайда альтернативті көрсеткіш шамасын бағалауда, неғұрлым тиімді шешім қабылдауына мүмкіндік береді.

Элемент жиынтығы мен олардың арасындағы байланыс жүйе құрылымы жөнінде түсінік береді. Өндірістік жүйені математикалық негіздеуде жекелеген функциялар, яғни жүйеде жүретін үрдіс алгоритімі қарастырылады. Мұндай құрылым негіздемесі мақсатқа жетуге әкелетін функционалдық амалдарды, жүйе орындайтын бағалаушы функцияларды пайдаланғанда жүзеге асады. Кейбір салыстыру эталлондары болған жағдайда жүйенің сапалық және көлемдік сипаттамасын енгізуге болады. Көлемдік сипаттаманы енгізу үшін эталлон мен берілген сипаттама арасындағы қатынасты білдіретін сан енгізіледі. Жүйенің сапалық сипаттамасы эксперттік бағалау әдісі және айқын емес жиындар теориясы көмегімен анықталынады [11]. Өндірістік жағдайда көбінесе эксперттерге жағдайды, тәуелділікті, көлемдік параметрлер әсерін бағалауда қиындық туындайды. Мұндай жағдайларда айқын емес ортада эксперттік бағалауды жүргізуге тура келеді, яғни сапалық сараптама.

Эксперттік бағалауды келесідей негізгі этаптарға бөлуге болады (сурет 3). Технологиялық нысанның оптималды жұмыс режимін таңдау үшін шешім қабылдау үрдісінің негізі [12, 13] авторлар жұмысына негізделіп жүргізілді.



Сурет 3 – Эксперттік бағалаудың негізгі этаптарының құрылымдық сұлбасы

Эксперттер өздерінің білімі мен практикалық тәжірибелері негізінде жоспардың практикада орындалмайтын немесе апаттық жағдайларға алып келетін нұсқалары болса, оларды жоспардан алып тастауға тиіс. Алып тасталған жоспардың әр вариантының нәтижесінен алынған себебі негізделуі қажет. Жоспарда қалған барлық варианттар бойынша эксперттер кіріс параметрлерінің берілген қатынасы нысанның шығыс параметрлеріне қалай әсер ететіні сапалық түрде бағалайды. Бағалау терм-жиындар негізінде орындалады. Егер эксперттер жоспардың кейбір нұсқаларын бағалауда сенімсіз болса, онда мүмкіндігінше бұл нұсқаларды жоспарға сәйкес жүзеге асырып, нәтижелерін бағалау қажет. Зерттеу нысанын талдау негізінде «айқын емес» эксперименттердің толық жоспары құрылады. Бұл жоспар эксперименттерді математикалық жоспарлау тәсіліне сәйкес жасалады, мұнда сандық деректер орнына олардың жуықша мәндері айқын емес сан түрінде қолданылады [14].

Эксперттік бағалау негізінде зерттелінетін нысан туралы жалпыланған ақпарат алынып, эксперттерге мақсат ретінде берілген нәтиже алынады. Эксперттердің жекелеген бағалауларын өңдеу кезінде сапалы (айқын емес) тәсілдер қолданылады. Белгілі бір тәсілді таңдау шешілетін мәселенің күрделілігіне, формасына, эксперттердің пікірлеріне сүйеніп алынады. Көп жағдайларда сауалнама нәтижелерін өңдеуде математикалық статистикалық тәсіл қолданылды.

1. Қалыптастыру қорытындысын бағалау. Эксперттер тобы белгілі бір нысанды бағалады делік, онда $x_j - j$ -ші экспертті бағалау, $j = \overline{1, m}$, мұнда m – эксперттер саны.

Сонымен эксперт тобының дәлдік бағалауы, орташа арифметика түрінде есептейміз:

$$x_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m} \quad (1)$$

2. Нысанның қаншалықты маңыздылығын анықтау. Мұнда алып отырған фактордың қаншалықты маңыздылығы бағаланады. Бұл жағдайда әр-бір фактор салмағы (маңыздылығы) анықталынады. $x_{ij} - j$ -шы экспертпен i -ші факторды бағалау, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, n – салыстыратын факторлар саны, m – эксперттер саны. Бұл жағдайда барлық эксперттердің бағалауы (w_i) тең болады:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{m}, \quad (2)$$

мұнда w_{ij} – j -ші эксперттің бағалауы бойынша i -ші нысанның салмағы.

3. Эксперт пікірлерінің шартты үйлесімділік дәрежесі. Бірнеше эксперттердің ой пікірлері бір жерден шықпау мүмкін, бірақ ол айырмашылық шамасының маңызы зор. Топтық бағалау жекелеген мамандардың жауаптары бір жерден шыққан жағдайда ғана дәйекті болып саналады.

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

мұнда $x_{\max}$, $x_{\min}$ – нысанды максималды және минималды бағалалулар.

Орташа квадраттық ауытқуын анықтаймыз:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{j\bar{x}} - \bar{x})^2}{m-1}} \quad (3)$$

мұнда x_j – j -ші эксперттің бағалауы; m – эксперттер саны.

Вариация коэффициенті (V), пайызбен өрнектеледі:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}_9} * 100\% \quad (4)$$

Эксперттік тәсілдерді қолданғанда әдетте бірден эксперттердің ой-пікірлері сәйкес келмейді. Сондықтан эксперттердің ой-пікірлерінің келісушілік (сәйкестік) өлшемін сандық бағалау және сәйкес келмеу себептерін анықтау қажет болады. Әрине, келусішілік өлшемі (шамасы) эксперттер тобының статистикалық деректері негізінде анықталады. Шамалар – *1ден +1ге* дейінгі диапазонда өзгеруі мүмкін. Толық үйлесімділік кезінде бағалау коэффициенті бірге тең.

Басқару құрылғысының y – шығыстық; $x = (x_1, \dots, x_n)$ – кірістік параметрлері. $x_i (i = \overline{1, n})$ үшін детерминді шама береміз, ал y - ке айқын емес шама береміз. Көрсетілген айнымалылар арасындағы математикалық тәуелділікті айқын емес регрессия теңдеуімен өрнектейміз:

$$\tilde{y}_j = \tilde{f}_j(x_1, \dots, x_n) \quad (5)$$

мұнда $\sim$ – айқын емес оператор.

Эксперттік бағалау нәтижесінде $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}, y_i)$ кірістік (шығыстық) айнымалыларының N шамасы алынды.

Идентификациялау тәсілі. Идентификациялаудың бастапқы этапында анықталынатын шама үрдістің сапалы талдауынан тұрады. Ал екінші этапта зерттелінетін нысанның талап етілетін қасиетін қамтамасыз ететін, бағалау тәсілін таңдау негізгі міндет болып табылады.

Регрессия жиынының айқын емес теңдеуі түрінде бейнеленген, математикалық модельді қарастырамыз:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^n \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ijk} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{1, m} \quad (6)$$

мұнда $\tilde{y}_j$ – жүйенің айқын емес шығыстық параметрлері (локальды критерийлер); x_{ij} , x_{kj} – модельдейтін жүйенің өлшенетін кірістік параметрлері (басқарушы әсер); $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{ij}, \tilde{a}_{ikj}$ – бағаланатын айқын емес коэффициенттер.

Деңгей жиын түсінігін пайдалану, айқын емес регрессия теңдеуін қарапайм регрессия теңдеуіне келтіреді. Мұндай тәсіл көрсетілген есептерді шешу үшін классикалық регрессия әдісін пайдалануға мүмкіндік береді [15, 16].

Нәтижелер мен талқылау

Эксперименттік-статистикалық және эксперттік мәліметтерді өңдеу нәтижесінде, сондай-ақ айқын емес ортада модельдеу тәсілі негізінде регрессорларды тізбектей қосу тәсілінің идеясын қолдана отырып (структуралық идентификациялау), *R-0101* крекингтеу

реакторының модельдері болатын, келесі жиынтық айқын емес регрессия теңдеу жүйесі алынды [17]:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^5 \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \tilde{a}_{ijk} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{2,4} \quad (7)$$

мұнда $\tilde{y}_2$ – крекинг өнімі құрамындағы қанықпаған көмірсутектер (1%-дан артық емес ($\lesssim$));

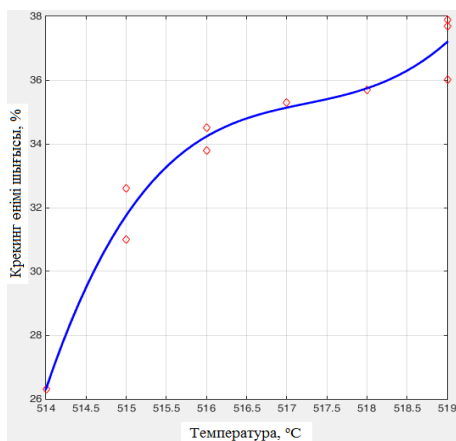
$\tilde{y}_3$ – крекинг өнімі құрамындағы күкірт ($\lesssim 0,00005\%$);

$\tilde{y}_4$ – крекинг өнімі құрамындағы суда еритін қышқылдар мен сілтілер (шамамен ($\cong$) 0%); x_1 – шикізат-тікелей айдалған бензин ($45 \div 80 \text{ м}^3/\text{сағ}$); x_2 – реактордағы қысым ($20 \div 35 \text{ кг/см}^2$); x_3 – температура ($500-510^\circ\text{C}$); x_4 – шикізат берудің көлемдік жылдамдығы ($0,5$ -тен 5 сағ^{-1} дейін); x_5 – СҚГ айналымы – сутек/көмірсутек қатынасы ($200 \div 500 \text{ нм}^3, 1 \text{ м}^3$ шикізаттағы айналымды газ); $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{ij}, \tilde{a}_{ijk}$ – регрессияның анықталатын айқын емес коэффициенттері, рет бойынша: бос мүше; сызықтық әсер $x_{ij}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,4}$; квадратты және өз-ара әсер $x_{ij}, x_{kj}, i, k = \overline{1,5}, j = \overline{1,4}$ жақшаларда параметрлердің мүмкін болатын және қажетті мәндері көрсетілген.

Зерттеу және мәліметтер жинау барысында реактордың шығысындағы крекинг өнімі көлемін (y_1) бағалауға жеткілікті статистикалық мәліметтер алынды. Сондықтан y_1 ($43-78 \text{ м}^3/\text{сағ}$) мен кіріс, режимдік параметрлер $x_i, i = \overline{1,5}$ арасындағы математикалық байланыс жиынтық корреляция тәсілі арқылы анықталды. Крекинг өнімі көлемінің – y_1 (R-0101 реакторының шығысы) кіріс-режимдік параметрлерінен ($x_i, i = \overline{1,5}$) математикалық байланысы сызықтық емес жиынтық регрессия тәсілімен анықталды. Оның нөлдік (немесе нөлге жақын) коэффициенттері бар қосындыларды алып тастаған соң құрылымы келесідей:

$$\begin{aligned} y_1 = f_1(x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}, x_{51}) = & 7.00 + 0.233x_{11} + 0.130x_{21} + 0.011x_{31} + 2.333x_{41} - 0.0175x_{51} \\ & + 0.0031x_{11}^2 + 0.0048x_{21}^2 + 0.00003x_{31}^2 + 0.7778x_{41}^2 - 0.00004 \cdot x_{51}^2 + 0.0017x_{11}x_{21} \\ & + 0.00015x_{11}x_{31} + 0.03111x_{11}x_{41} - 0.00023x_{11}x_{51} + 0.08642 \cdot x_{21}x_{41} - 0.00065 \cdot x_{21}x_{51} \\ & + 0.00730 \cdot x_{31}x_{41} \end{aligned}$$

Келтірілген теңдеулердегі белгісіз айқын емес коэффициенттерді $\tilde{a}_{ij}, i = \overline{0,5}, j = \overline{2,5}$ және $\tilde{a}_{ijk}, i = \overline{1,5}, k = \overline{1,5}, j = \overline{2,5}$ идентификациялау үшін, өнімнің сапа көрсеткіштерін сипаттайтын айқын емес жиындар келесі α -деңгейлі жиындарға бөлінді: $\alpha = 0,5; 0,85; 1$. Таңдап алынған деңгейге байланысты кіріс $x_{ij}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,5}$ және шығыс $\tilde{y}_2, \tilde{y}_3, \tilde{y}_4$ параметрлердің әр $\alpha_q (q = \overline{1,3})$, деңгейдегі мәндері бақыланды. Жиынтық регрессияның айқын емес теңдеулерінің әр α_q деңгейлерін, яғни R-0101 реакторының өнім сапасын анықтайтын модельдер жүйесі анықталды. Алынған өрнектер жиынтық регрессияның теңдеулер жүйесі болғандықтан, олардың коэффициенттерін $a_{ij}^{\alpha_q}, i = \overline{0,5}, j = \overline{2,4}, q = \overline{1,3}$ идентификациялау есептері, жиынтық регрессиялардың параметрлерін бағалаудың классикалық есептері ретінде шешіледі. Соңғы есептерді шешу үшін жиынтық регрессияның белгілі алгоритмдері мен ЭЕМ-ның математикалық қамтамасыздандыруына кіретін стандартты программаларын қолдану арқылы, крекинг өнімі шығысының реактор температурасына байланысын сипаттайтын графигі алынды (сурет 4).



Сурет 4 – Крекинг өнімі шығысының реактор температурасына байланысы

Параметрлердің ішінен (катализатор көлемін көбейту, мақсаттық өнім көлемінің азаюы, т.б.) біреуінің өзгерісі барлық қалған параметрлердің өзгерісіне әкеледі, ол өз кезегінде қондырғы жұмыс режимі регламентінің өзгерісіне әкелуі мүмкін.

Реактор-регенераторының экспериментті-статистикалық және эксперттік мәліметтерін өңдеу арқылы, сонымен қатар регрессорлардың тізбектей қосылу әдісін пайдаланып, айқын емес модель (АЕМ) [19] және логикалық модель (ЛМ) [20] алгоритмі негізінде айқын емес ортада математикалық модельді синтездеу арқылы келесідей жиынтықты, сапалы регрессия және шартты логикалық қорытындылау жүйе құрылымы алынды.

$$y_1^{R01} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k \quad (8)$$

$$y_1^{R02} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k \quad (9)$$

$$y_1^{R04} = a_0 + \sum_{i=1}^5 a_i x_i + \sum_{i=1}^5 \sum_{k=i}^5 a_{ik} x_i x_k \quad (10)$$

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^5 \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \tilde{a}_{ijk} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{1,2} \quad (11)$$

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^5 \tilde{a}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \tilde{a}_{ijk} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{3,7} \quad (12)$$

мұнда $y_1^{R01}, y_1^{R02}, y_1^{R04}$ – рет бойынша, R-01, R-02 және R-04 реактор-регенератор шығысындағы катализат көлемі;

$y_j, j=1,2$ – рет бойынша, отындық газ және СҚГ көлемі;

$\tilde{y}_j, j = \overline{3,7}$ – крекинг өнімінің сапа көрсеткіштері, рет бойынша, октандық саны ($\tilde{y}_3$

– мотор тәсілі бойынша 86 кем емес), фракциялық құрам (бастапқы қайнау температурасы $\tilde{y}_4$ -350°C кем емес, соңғы қайнау температурасы $\tilde{y}_5$ - 500°C артық емес), құрамында күкірттің үлесі ($\tilde{y}_6$ – 0.5% мас, артық емес), 100 мл.

Реактор шығысындағы катализат ($y_1^{R01}, y_1^{R02}, y_1^{R04}$) және СҚГ көлемін (y_2) анықтайтын модельдерді параметрлік идентификациялау нәтижелері (2.21) – (2.22) түрінде келтірілген:

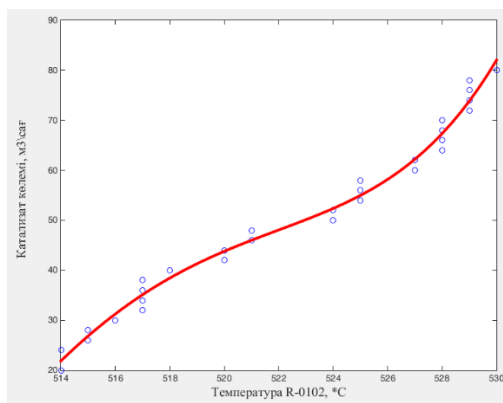
$$y_1^{R01} = f_1(x_1, x_2, \dots, x_5) = 0.39848x_1 + 12.15385x_2 + 0.03211x_3 - 0.98375x_4 + 0.01975x_5 + 0.00494x_1^2 + 9.34911x_2^2 - 0.00007x_3^2 - 0.03792x_4^2 + 0.00005x_5^2 + 0.22788x_1x_2 + 0.0001x_1x_3 + 0.00197x_1x_4 + 0.00049x_1x_5 + 0.03705x_2x_3 - 0.48615x_2x_4 - 0.00064x_3x_4 \quad (13)$$

$$y_1^{R02} = f_1(x_1, x_2, \dots, x_5) = 0.39500x_1 + 12.10769x_2 + 0.03186x_3 - 0.98375x_4 + 0.01967x_5 + 0.00504x_1^2 + 9.31361x_2^2 - 0.00006x_3^2 - 0.04099x_4^2 + 0.00005x_5^2 + 0.22989x_1x_2 - 0.00010x_1x_3 + 0.00207x_1x_4 + 0.00049x_1x_5 \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
& + 0.03676x_2x_3 - 0.50448x_2x_4 - 0.00066x_3x_4 \\
y_1^{R04} = f_1(x_1, x_2, \dots, x_5) = & 0.39898x_1 + 12.07692x_2 + 0.03158x_3 - 1.02391x_4 + \\
& + 0.01962x_5 + 0.00507x_1^2 + 9.28995x_2^2 - 0.00006x_3^2 - 0.04452x_4^2 + \\
& + 0.00005x_5^2 + 0.23018x_1x_2 - 0.00010x_1x_3 + 0.00217x_1x_4 + 0.00049x_1x_5 + \\
& + 0.03645x_2x_3 - 0.52508x_2x_4 - 0.00068x_3x_4
\end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_5) = & 500.0x_1 + 7142.8571x_2 + 10.101x_3 - 1458.3333x_4 + \\
& + 25.0x_5 + 6.25x_1^2 + 5102.0408x_2^2 + 0.0204x_3^2 - 60.7639x_4^2 + 0.0625x_5^2 + \\
& + 178.5714x_1x_2 + 0.2525x_1x_3 - 15.625x_1x_4 + 15.625x_1x_5 - 297.619x_2x_4 - \\
& + 2.5252x_3x_4 - 0.05051x_3x_5 - 1.0417x_4x_5
\end{aligned} \tag{16}$$

2.5-суретінде тізбектегі соңғы R-0102 реактор шығысындағы катализат көлемінің реактор температурасына қатынасы графигі тұрғызылған.



Сурет 5 – Катализат көлемінің реактор температурасына тәуелділігі

Қондырғыны басқару кезінде ШҚТ өзінің тәжірибесіне сүйенеді. Себебі реактор-регенератордағы температура шамасы өте жоғары жылдамдықпен өзгеруі мүмкін (минутына 20°C дейін), ол ШҚТ дер кезінде, қатесіз әрекетін қажет етеді. Сол себепті ККҚ басқаруда ШҚТ қалыптасқан (формализованный) жұмыс тәжірибесін пайдаланған тиімді. Жүргізілген эксперттік сауалнама мен бағалау нәтижелері қажетті параметрлерін өзгерте отырып, технологиялық үрдіс жүрісін дұрыс бағалауға мүмкіндік береді.

Келтірілген ККҚ негізгі агрегаттарының модельдері көмегімен кіріс параметрлерінің шығыс параметрлеріне, яғни өнімнің көлемі мен сапа көрсеткіштеріне әсерін модельдеу арқылы мақсатты өнімнің (жоғары сапалы бензин компоненттерінің) көлемі мен сапасын арттыратын режимді анықтауға болады.

Қорытынды

ККҚ мысалында технологиялық жүйені жүйелік модельдеу үшін модельдер кешені пакетін жасақтау сұрақтары зерттелінді, модельдер кешенін құру критерийлер анықталынды және ККҚ технологиялық кешенінің әрбір агрегаттарының тиімді модельдер типі таңдалынып, соның негізінде кесте тұрғызылды. Модельдер кешенін тұрғызу әдісі, лингвистикалық тәсіл негізінде, қолжетімді түрлі сипаттағы ақпаратты ескере отырып, әр-түрлі типтегі (детерминделген, статистикалы, айқын емес, аралас) агрегат моделін құру және оларды бір пакетке жасақтау ұсынылды. Ұсынылған тәсіл ККҚ негізгі агрегаттарының модельдер пакетін құру кезінде жүзеге асырылды.

Айқын емес кірістік және шығыстық параметрлер жағдайында, мұнай өңдеу технологиялық кешені ККҚ технологиялық үрдісін тиімді басқару алгоритмі жасақталынып, айқын емес ортада технологиялық кешеннің математикалық сипатын жетілдіру кезінде, эксперттер көрсеткішті көлемдік бағалай алмаған жағдайда, эксперттік бағалау әдісін пайдалану мәселелері зерттелді. Лингвистикалық тәсіл негізінде, сапалы ақпарат көмегімен айқын емес ортада эксперттік сауалнаманы ұйымдастырып жүргізуге мүмкіндік беретін эксперттік бағалау әдісі ұсынылды.

Крекингтеу үрдісі негізгі параметрлерінің өңделетін өнім – катализаттың сандық және сапалық әсері зерттелінді. Зерттеу нәтижелері мен жиналған сандық және сапалы ақпаратты

өңдеу бойынша R-0101, R-0102, R-0104, R-0105 реактор-регенераторларының құрама модельдері құрылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Оразбаева К.Н. Мұнай өңдеу және мұнай химиясы кешендерінің тиімділігін арттыру тәсілдері / К.Н. Оразбаева, Б.Б. Оразбаев, Д.О. Кожакметова. – Алматы: Эверо, 2018. – 263 б.
2. Сериков Т.П. Современное состояние технологии переработки нефти Казахстана / Т.П. Сериков, З.Ф. Серикова, К.Н. Оразбаева. – Атырау; Ақтобе: Ер-Тостик-А-Полиграфия, 2008. – 206 с.
3. Измагамбетова Д.З. Современное состояние нефтегазовой отрасли в Республике Казахстан / Д.З. Измагамбетова // Молодой ученый. – 2018. – № 39 (225). – С. 72-75.
4. Карибаев А.А. Эконометрические методы моделирования планирования и прогнозирования добычи и реализации нефти и газа: научная монография / А.А. Карибаев. – М.: МАЭИБ, 2017. – С. 115.
5. Комплекс глубокой переработки нефти на Атырауском НПЗ. Технологический регламент установки каталитического крекинга нефтяных остатков в кипящем слое R2R / ТОО «Атырауский НПЗ». – Атырау, 2017. – 480 с.
6. Золотухин В.А. Новая технология для переработки тяжелой нефти и осадков нефтеперерабатывающих производств / В.А. Золотухин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2004. – № 10. – С. 8-11.
7. Марков Е.П. Формализация и переработка качественной информации в задачах моделирования и оптимизации химико-технологических процессов: на примере стекловаренной печи: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М., 1981. – 178 с.
8. Надиров Н.К. Исследование экономико-экологических критериев установки каталитического риформинга, формализация задачи оптимизации и разработка алгоритма ее решения / Н.К. Надиров, К.Н. Оразбаева // Нефть и газ. – 2007. – № 2. – С. 86-93.
9. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А.С. Рыков. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
10. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии: применение нечетких множеств / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Е.П. Марков. – М.: Наука, 1986. – 361 с.
11. Курмангазиева Л.Т. Организация и проведение экспертных оценок для разработки математических моделей технологических объектов нефтепереработки / Л.Т. Курмангазиева // Вестник КазНТУ им. К. Сатпаева. – 2008. – № 2. – С. 114-119.
12. Павлов А.Н. Методы обработки экспертной информации: учеб.-метод. пос. / А.Н. Павлов, Б.В. Соколов. – СПб.: ГУАП, 2005. – 45 с.
13. Карданская Н.Л. Принятие управленческого решения / Н.Л. Карданская. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 257 с.
14. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов / В.Н. Волкова. – М.: Юрайт, 2015. – 449 с.
15. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок / Т.Я. Данелян // Экономика, Статистика и Информатика. – 2015. – № 1. – С. 183-188.
16. Оразбаев Б.Б. Методы моделирования и принятия решений для управления производством в нечеткой среде / Б.Б. Оразбаев, Астана, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, 2016. – 350 с.
17. Валеев С.Т. Регрессионное моделирование при обработке наблюдений / С.Т. Валеев. – М.: Наука, 1991. – 272 с.
18. Рыков А.С. Системный анализ и исследование операций: методы исследования систем и разработки математических моделей в нечеткой среде / А.С. Рыков, Б.Б. Оразбаев. – М.: МИСиС, 1995. – 112 с.
19. Оразбаева К.Н. Теория и практика методов нечетких множеств / К.Н. Оразбаева. – Алматы: Бастау, 2014. – 488 с.
20. Оразбаева К.Н. Каталитикалық риформинг қондырғы-сының гидротазалау блогының негізгі агрегаттарының модельдерін құру // АТМГИ хабаршысы. – 2006. – № 8-9. – С. 85-92.

References

1. Orazbaeva K.N. Mұnai өңдеу және мұнай химиясы кешендерінің тиімділігін арттыру тәсілдері / K.N. Orazbaeva, B.B. Orazbaev, D.O. Kozhakhmetova. – Almaty: Ehvero, 2018. – 263 b. (In Kazakh).

2. Serikov T.P. Sovremennoe sostoyanie tekhnologii pererabotki neftei Kazakhstana / T.P. Serikov, Z.F. Serikova, K.N. Orazbaeva. – Atyrau; Aktobe: Er-Tostik-A-Poligrafiya, 2008. – 206 s. (In Russian).
3. Izmagambetova, D.Z. Sovremennoe sostoyanie neftegazovoi otrasli v Respublike Kazakhstan / D.Z. Izmagambetova // Molodoi uchenyi. – 2018. – № 39 (225). – S. 72-75. (In Russian).
4. Karibaev A.A. Ehkonometricheskie metody modelirovaniya planirovaniya i prognozirovaniya dobychi i realizatsii nefti i gaza: nauchnaya monografiya / A.A. Karibaev. – M.: MAEhIB, 2017. – s. 115. (In Russian).
5. Kompleks glubokoi pererabotki nefti na Atyrauskom NPZ. Tekhnologicheskii reglament ustanovki kataliticheskogo krekinga neftyanykh ostatkov v kipyashchem sloe R2R / TOO «Atyrauskii NPZ». – Atyrau, 2017. – 480 s. (In Russian).
6. Zolotukhin V.A. Novaya tekhnologiya dlya pererabotki tyazheloi nefti i osadkov neftepererabatyvayushchikh proizvodstv / V.A. Zolotukhin // Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2004. – № 10. – S. 8-11. (In Russian).
7. Markov E.P. Formalizatsiya i pererabotka kachestvennoi informatsii v zadachakh modelirovaniya i optimizatsii khimiko-tekhnologicheskikh protsessov: na primere steklovarennoi pechi: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.06. – M., 1981. – 178 s. (In Russian).
8. Nadirov N.K. Issledovanie ehkonomiko-ehkologicheskikh kriteriev ustanovki kataliticheskogo riforminga, formalizatsiya zadachi optimizatsii i razrabotka algoritma ee resheniya / N.K. Nadirov, K.N. Orazbaeva // Neft' i gaz. – 2007. – № 2. – S. 86-93. (In Russian).
9. Rykov A.S. Sistemnyi analiz: modeli i metody prinyatiya reshenii i poiskovoi optimizatsii / A.S. Rykov. – M.: Izdatel'skii Dom MISIS, 2009. – 608 s. (In Russian).
10. Kafarov V.V. Sistemnyi analiz protsessov khimicheskoi tekhnologii: primenenie nechetkikh mnozhestv / V.V. Kafarov, I.N. Dorokhov, E.P. Markov. – M.: Nauka, 1986. – 361 s. (In Russian).
11. Kurmangazieva L.T. Organizatsiya i provedenie ehkspertnykh otsenok dlya razrabotki matematicheskikh modelei tekhnologicheskikh ob"ektov neftepererabotki / L.T. Kurmangazieva // Vestnik KaZNTU im. K. Satpaeva. – 2008. – № 2. – S. 114-119 s. (In Russian).
12. Pavlov A.N. Metody obrabotki ehkspertnoi informatsii: ucheb.-metod. pos. / A.N. Pavlov, B.V. Sokolov. – SPb.: GUAP, 2005. – 45 s. (In Russian).
13. Kardanskaya N.L. Prinyatie upravlencheskogo resheniya / N.L. Kardanskaya. – M.: YUNITI, 1999. – 257 s. (In Russian).
14. Volkova V.N. Modelirovanie sistem i protsessov / V.N. Volkova, M.: Yurait, 2015. – 449 s. (In Russian).
15. Danelyan T.YA. Formal'nye metody ehkspertnykh otsenok / T.YA. Danelyan // Ehkonomika, Statistika i Informatika. – 2015. – № 1. – S. 183-188. (In Russian).
16. Orazbaev B.B. Metody modelirovaniya i prinyatiya reshenii dlya upravleniya proizvodstvom v nechetkoi srede / B.B. Orazbaev. – Astana, ENU im. L.N. Gumileva, 2016. – 350 s. (In Russian).
17. Valeev S.T. Regressionnoe modelirovanie pri obrabotke nablyudenii / S.T. Valeev. – M.: Nauka, 1991. – 272 s. (In Russian).
18. Rykov A.S. Sistemnyi analiz i issledovanie operatsii: metody issledovaniya sistem i razrabotki matematicheskikh modelei v nechetkoi srede / A.S. Rykov, B.B. Orazbaev. – M.: MISIS, 1995. – 112 s. (In Russian).
19. Orazbaeva K.N. Teoriya i praktika metodov nechetkikh mnozhestv / K.N. Orazbaeva, Almaty: Bastau, 2014. – 488 s. (In Russian).
20. Orazbaeva K.N. Katalitikalyқ riforming qondyrғы-synың gidrotazalau blogynың negizgi agregattarynың model'derin qyru / K.N. Orazbaeva // ATMGI khabarshysy. – 2006. – № 8-9. – S. 85-92. (In Kazakh).

Д.О. Кожаметова*, А.Ж. Адылканова, Р.Н. Назаров

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, ул. Глиники, 20 А
*e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ

В статье рассмотрены методы моделирования в многокритериальных условиях для оптимизации управления установкой каталитического крекинга. Приведены пути повышения

эффективности технологических комплексов глубокой переработки нефти путем принятия решений на основе математического моделирования. Сформированы и получены математические постановки задачи оптимизации технологических систем на примере оптимизации режимов работы установки каталитического крекинга на основе методов теорий нечетких множеств и экспертной оценки, разработаны их решения.

На основе собранной качественной информации и результатов исследований создана математическая модель реактора и на основе созданной модели сформированы задачи управления по выбору эффективного режима работы технологической системы. На основе полученной экспертной информации созданы правила базы данных, описывающие работу входных параметров блока реактора каталитического крекинга.

Ключевые слова: нечеткая логика, экспертная оценка, принятие решения, алгоритм оптимизации, математическая модель, каталитический крекинг.

D. Kozhakhmetova*, A. Adykanova, R. Nazarov

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street
*e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru

OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODES OF A DEEP OIL PROCESSING PLANT IN A FUZZY ENVIRONMENT

The article considers methods of modeling in multi-criteria conditions for optimization of management of the installation of catalytic cracking. Ways of increase of efficiency of technological complexes of deep oil processing by making decisions on the basis of mathematical modeling have been given. Mathematical formulations of the problem of optimization of technological systems on the example of optimization of operating modes of the catalytic cracking installation on the basis of the methods of the theory of fuzzy sets and expert assessment have been formed and their solutions have been developed.

On the basis of the collected qualitative information and research results, a mathematical model of the reactor was created and on the basis of the created model, management tasks were formed to choose an effective mode of operation of the technological system. Based on the obtained expert information, database rules describing the operation of the input parameters of the reactor reactor catalytic cracking unit have been created.

Key words: fuzzy logic, expert evaluation, decision making, optimization algorithm, mathematical model, catalytic cracking.

Сведения об авторах

Динара Ошановна Кожаметова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru/ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4327-3899>.

Айнур Жарылкасыновна Адылканова – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aiko8383@mail.ru.

Рашид Нагимович Назаров – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: naz-2009@yandex.ru/

Авторлар туралы мәліметтер

Динара Ошановна Кожаметова* – PhD, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қалақұрылысы» кафедрасының ассоциирленген профессор міндетін атқарушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4327-3899>.

Айнур Жарылкасыновна Адылканова – техника ғылымдарының магистры, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қалақұрылысы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: aiko8383@mail.ru.

Рашид Нагимович Назаров – техника ғылымдарының магистры, «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қалақұрылысы» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: naz-2009@yandex.ru.

Information about the authors

Dinara Kozhakhmetova* – PhD, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4327-3899>.

Ainur Adilkanova – master of technical sciences, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: aiko6a8383@mail.ru.

Rashid Nazarov – master of technical sciences, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: naz-2009@yandex.ru.

Редакцияға енуі 07.06.2024
Өңдеуден кейін түсуі 17.10.2024
Жариялауға қабылданды 21.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-4](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-4)

MPHTI: 50.47.29



Б.А. Майлыханова^{1*}, Ш.К. Кошимбаев²

¹Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

²Satbayev University,
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22
*e-mail: bulgyn@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ РУДНОТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Аннотация: В статье рассматривается разработка интеллектуальной системы управления электрической мощностью руднотермических печей на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Управление электрической мощностью в руднотермических печах является сложной задачей, связанной с необходимостью оптимизации энергопотребления и повышения производительности при минимизации износа оборудования. Предложенная система управления базируется на применении ПЛК в сочетании с алгоритмами искусственного интеллекта, что позволяет осуществлять мониторинг и автоматическое регулирование рабочих параметров печи в реальном времени.

Целью данной работы является создание системы управления, которая способна адаптироваться к изменяющимся условиям работы печи, оптимизируя процесс потребления энергии и улучшая стабильность работы системы. В статье также представлены методы интеграции ПЛК с датчиками, обеспечивающими сбор данных, а также алгоритмы анализа и прогнозирования, основанные на нейросетевых технологиях. Исследование показывает, что внедрение такой системы управления позволяет значительно снизить энергопотребление, уменьшить нагрузку на электрооборудование и улучшить общую эффективность руднотермической печи.

Представлены экспериментальные данные и сравнительный анализ работы печи до и после внедрения интеллектуальной системы управления. Результаты показывают, что интеллектуальная система управления с использованием ПЛК способствует улучшению стабильности процесса, снижению эксплуатационных затрат и увеличению срока службы оборудования.

Ключевые слова. Руднотермические печи, программируемые логические контроллеры (ПЛК), управление электрической мощностью, автоматизация, оптимизация энергопотребления, системы управления, интеллектуальные системы, производственные процессы.

Введение

В условиях глобальной энергосберегающей политики и стремления к повышению эффективности производственных процессов, автоматизация управления крупногабаритными энергетическими установками, такими как руднотермические печи,

становится критически важной задачей. Руднотермические печи играют ключевую роль в металлургической промышленности, обеспечивая плавку руды и выпуск необходимых металлов, однако управление их электрической мощностью требует значительных энергозатрат и строгого контроля. Несбалансированное или недостаточно точное управление может привести к перерасходу ресурсов, ухудшению качества продукции и преждевременному износу оборудования.

В традиционных системах управления руднотермическими печами часто применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК), которые обеспечивают автоматизацию многих процессов. Однако современные требования к энергоэффективности и гибкости производственных систем вызывают необходимость интеграции более сложных интеллектуальных систем управления, которые могут оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям в реальном времени. Применение нейросетевых алгоритмов в системах управления электрической мощностью руднотермических печей позволяет не только повысить точность и надежность работы оборудования, но и снизить потребление энергии, что в свою очередь улучшает экологические показатели и экономическую эффективность производства.

Таким образом, разработка интеллектуальной системы управления на базе ПЛК с использованием нейросетевых технологий является актуальной задачей для металлургической промышленности. Введение таких решений позволит добиться значительных успехов в оптимизации производственных процессов, повышении энергоэффективности и сокращении эксплуатационных затрат. Настоящая работа посвящена исследованию и разработке системы управления электрической мощностью руднотермических печей с учетом этих передовых технологий.

Программируемые логические контроллеры в управлении мощностью руднотермических печей

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко используются для управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности. Применение ПЛК в управлении руднотермическими печами позволяет:

- автоматически регулировать мощность печи в зависимости от изменений производственных условий;
- оперативно реагировать на изменения температуры плавления и другие технологические параметры;
- вести мониторинг состояния оборудования в реальном времени и предотвращать аварийные ситуации.

В процессе управления электрической мощностью контроллеры получают данные с датчиков, расположенных в ключевых точках системы. Это позволяет поддерживать стабильные условия плавления и снижать потери энергии. На рисунке 1 показан схема подключения ПЛК к руднотермической печи.

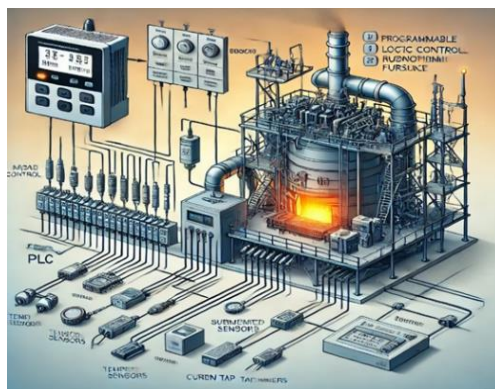


Рисунок 1 – Схема подключения ПЛК к руднотермической печи

Методы управления мощностью и алгоритмы регулирования

Основой системы управления являются PID-регуляторы и адаптивные алгоритмы, которые позволяют гибко регулировать подачу электроэнергии. Кроме того, возможно использование алгоритмов машинного обучения для анализа исторических данных и предсказания отклонений в процессе.

Основные алгоритмы управления:

PID-регулятор: Управление параметрами печи за счет пропорционально-интегрально-дифференциального анализа отклонений от заданных значений.

Адаптивное управление: Система динамически подстраивается под текущие условия, обеспечивая стабильную работу печи.

Машинное обучение: Применение методов предсказания для оптимизации процесса на основе предыдущих циклов работы.

Экспериментальная установка и методология исследования

Для оценки эффективности внедрения ПЛК в руднотермическую печь было проведено исследование на промышленной площадке металлургического завода. Экспериментальная установка включала руднотермическую печь мощностью 10 МВт, на которой были установлены ПЛК с возможностью регулирования напряжения и тока.

Этапы эксперимента:

Замеры базовых данных: Система работала в обычном режиме без использования ПЛК. Замеры потребления электроэнергии проводились на протяжении 30 дней.

1. **Внедрение ПЛК:** Печи были подключены к ПЛК с настройкой на поддержание стабильного уровня мощности в зависимости от изменений технологического процесса.

2. **Оценка после внедрения:** После установки ПЛК замеры энергопотребления и других параметров проводились в течение аналогичного периода.

Результаты исследования

На основании проведенных измерений было установлено, что внедрение интеллектуальной системы управления на базе ПЛК позволило снизить энергопотребление и улучшить стабильность работы печи. Основные результаты представлены на рисунке 2.

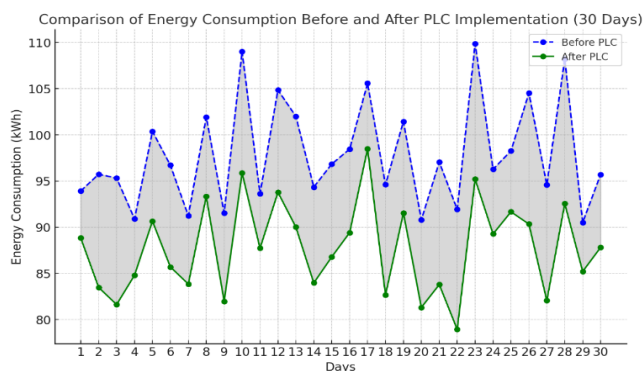


Рисунок 2 – Сравнение энергопотребления до и после внедрения ПЛК

Основные результаты:

Снижение потребления электроэнергии: После внедрения системы ПЛК энергопотребление сократилось на 15,3%. Это связано с более точным регулированием мощности в зависимости от текущих условий работы печи.

Уменьшение температурных отклонений: Внедрение системы позволило снизить отклонения от требуемой температуры плавления с 12% до 3%, что привело к улучшению качества выпускаемой продукции.

Увеличение стабильности процесса: Постоянное регулирование мощности позволило уменьшить количество аварийных ситуаций и улучшить работу оборудования.

Выгоды от использования интеллектуальных систем управления

Результаты исследования показали, что внедрение ПЛК в управление руднотермическими печами приводит к существенному улучшению показателей энергопотребления и производительности. Основные выгоды включают:

Экономия электроэнергии: За счет точного регулирования мощности снижаются эксплуатационные затраты.

Увеличение срока службы оборудования: Снижение перегрузок и аварийных ситуаций снижает износ оборудования.

Повышение качества продукции: Точный контроль температуры улучшает однородность и качество выплавляемых металлов. Изменение показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение показателей потребления энергии

Период	Среднее энергопотребление (МВт)	Отклонения температуры (%)	Экономия электроэнергии (%)
До внедрения (30 дней)	9,8	12	0
После внедрения (30 дней)	8,3	3	15,3

Заключение

Исследование подтвердило эффективность использования программируемых контроллеров для управления мощностью руднотермических печей. Внедрение системы позволило снизить энергопотребление, повысить стабильность процесса и уменьшить количество отклонений в производстве. В будущем предполагается расширить использование таких технологий за счет интеграции методов машинного обучения и анализа данных, что приведет к еще большей оптимизации процессов.

Список литературы

1. Иванов А.Н. Автоматизация руднотермических печей: новые подходы / А.Н. Иванов // *Металлургия и энергетика*. – 2020. – № 15(2). – С. 45-58.
2. Zhang W. Energy Efficiency in Metallurgy: A Study of PLC Integration / W. Zhang, Y. Liu // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2023. – № 70(4). – P. 1120-1130.
3. Optimization of Electric Arc Furnaces Using Intelligent Systems / R. Johnson et al // *Journal of Automation in Metallurgy*. – 2021. – № 38(3). – P. 212-230.
4. Бахановский В.А. Автоматизация производственных процессов в металлургии / В.А. Бахановский // *Журнал автоматизации и систем управления*. – 2019. – № 45(4). – С. 36-45.
5. Волков И.И. Программируемые логические контроллеры: методы проектирования и применения / И.И. Волков // *Известия высших учебных заведений. Электромеханика*. – 2016. – № 59(2). – С. 45-51.
6. Акимов А.П. Интеллектуальные системы управления для металлургических печей / А.П. Акимов // *Автоматизация и управление*. – 2020. – № 63(1). – С. 22-31.
7. Степанов А.П. Применение нейронных сетей в управлении промышленными печами / А.П. Степанов, В.А. Сидоренко // *Известия РАН. Теория и системы управления*. – 2018. – № 57(3). – С. 68-76.
8. Astrom K.J. Advanced PID Control / K.J. Astrom, T. Hagglund // *ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society*. – 2006.
9. Bequette B.W. Process Control: Modeling, Design, and Simulation / B.W. Bequette // *Prentice Hall*. – 2003.
10. Kala R. Neural Networks in Optimization of Industrial Systems / R. Kala, K. Mikolaj // *Springer*. – 2017.
11. Cheng S.Y. Optimization of Electrical Furnace Operations using Neural Networks / S.Y. Cheng, Y. Wang // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – 2019. – № 55(7). – P. 281-290.

References

1. Ivanov A.N. Avtomatizatsiya rudnotermicheskikh pechei: novye podkhody / A.N. Ivanov // *Metallurgiya i ehnergetika*. – 2020. – № 15(2). – S. 45-58. (In Russian).
2. Zhang W. Energy Efficiency in Metallurgy: A Study of PLC Integration / W. Zhang, Y. Liu // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2023. – № 70(4). – R. 1120-1130. (In English).
3. Optimization of Electric Arc Furnaces Using Intelligent Systems / R. Johnson et al // *Journal of Automation in Metallurgy*. – 2021. – № 38(3). – R. 212-230. (In English).
4. Bakhanovskii V.A. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov v metallurgii / V.A. Bakhanovskii // *Zhurnal avtomatizatsii i sistem upravleniya*. – 2019. – № 45(4). – S. 36-45. (In Russian).

5. Volkov I.I. Programmiruemye logicheskie kontrollery: metody proektirovaniya i primeneniya / I.I. Volkov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ehlektromekhanika. – 2016. – № 59(2). – S. 45-51. (In Russian).
6. Akimov A.P. Intellectual'nye sistemy upravleniya dlya metallurgicheskikh pechei / A.P. Akimov // Avtomatizatsiya i upravlenie. – 2020. – № 63(1). – S. 22-31. (In Russian).
7. Stepanov A.P. Primenenie neironnykh setei v upravlenii promyshlennymi pechami / A.P. Stepanov, V.A. Sidorenko // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. – 2018. – № 57(3). – S. 68-76. (In Russian).
8. Astrom K.J. Advanced PID Control / K.J. Astrom, T. Hagglund // ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. – 2006. (In English).
9. Bequette B.W. Process Control: Modeling, Design, and Simulation / B.W. Bequette // Prentice Hall. – 2003. (In English).
10. Kala R. Neural Networks in Optimization of Industrial Systems / R. Kala, K. Mikolaj // Springer. – 2017. (In English).
11. Cheng S.Y. Optimization of Electrical Furnace Operations using Neural Networks / S.Y. Cheng, Y. Wang // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2019. – № 55(7). – R. 281-290. (In English).

Б.А. Майлыханова^{1*}, Ш.К. Кошимбаев²

Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би 100

²Satbayev University,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Сәтбаев 22

*e-mail: bulgyn@mail.ru

БАҒДАРЛАМАЛАНАТЫН КОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕ КЕН-ТЕРМИЯЛЫҚ ПЕШТЕРДІҢ ЭЛЕКТР ҚУАТЫН БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ

Мақалада бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC) негізіндегі кен балқыту пештерінің электр қуатын басқарудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу қарастырылады. Кен балқыту пештерінде электр қуатын басқару құрал-жабдықтардың тозуын барынша азайту кезінде энергияны тұтынуды оңтайландыру және өнімділікті арттыру қажеттілігіне байланысты күрделі міндет болып табылады. Ұсынылған басқару жүйесі нақты уақыт режимінде пештің жұмыс параметрлерін бақылауға және автоматты басқаруға мүмкіндік беретін жасанды интеллект алгоритмдерімен үйлесімде PLC пайдалануға негізделген.

Бұл жұмыстың мақсаты өзгермелі пештің жұмыс жағдайларына бейімделуге, энергияны тұтыну процесін оңтайландыруға және жүйенің тұрақтылығын арттыруға қабілетті басқару жүйесін құру болып табылады. Сондай-ақ, мақалада деректер жинауды қамтамасыз ететін сенсорлармен PLC біріктіру әдістері, сондай-ақ нейрондық желілер технологияларына негізделген талдау және болжау алгоритмдері ұсынылған. Зерттеу көрсеткендей, мұндай басқару жүйесін енгізу энергия шығынын айтарлықтай азайтуға, электр жабдықтарына жүктемені азайтуға және кен пешінің жалпы тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Эксперименттік деректер және интеллектуалды басқару жүйесін енгізуге дейінгі және кейінгі пештің жұмысының салыстырмалы талдауы ұсынылған. Нәтижелер PLC пайдаланатын интеллектуалды басқару жүйесі процесінің тұрақтылығын жақсартатынын, операциялық шығындарды азайтатынын және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартатынын көрсетеді.

Түйін сөздер: Кенді пештері, бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC), электр қуатын басқару, автоматтандыру, энергияны оңтайландыру, басқару жүйелері, интеллектуалды жүйелер, өндірістік процестер.

B.A. Mailykhanova^{1*}, Sh.K. Koshimbayev²

¹Almaty technological university,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, str. Tole bi, 100

²Satbayev University,
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, str. Satbayev, 22

*e-mail: bulgyn@mail.ru

INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING THE ELECTRONIC POWER OF ORE-THERMAL FURNACES BASED ON PROGRAMMABLE CONTROLLERS

The article discusses the development of an intelligent control system for the electric power of ore-smelting furnaces based on programmable logic controllers (PLC). Control of electric power in ore-smelting

furnaces is a complex task associated with the need to optimize energy consumption and increase productivity while minimizing equipment wear. The proposed control system is based on the use of PLCs in combination with artificial intelligence algorithms, which allows for monitoring and automatic regulation of furnace operating parameters in real time.

The purpose of this work is to create a control system that can adapt to changing furnace operating conditions, optimizing the energy consumption process and improving the stability of the system. The article also presents methods for integrating PLCs with sensors that provide data collection, as well as analysis and forecasting algorithms based on neural network technologies. The study shows that the implementation of such a control system can significantly reduce energy consumption, reduce the load on electrical equipment and improve the overall efficiency of the ore-smelting furnace.

Experimental data and a comparative analysis of the furnace operation before and after the implementation of the intelligent control system are presented. The results show that the intelligent control system using PLC can improve process stability, reduce operating costs and extend the service life of equipment.

Key words. Ore-thermal furnaces, programmable logic controllers (PLC), electrical power management, automation, energy optimization, control systems, intelligent systems, manufacturing processes.

Сведения об авторах

Булгын Адилгазиновна Майлыханова* – магистр технических наук, сеньор лектор кафедры «Автоматизация и робототехника», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Шамиль Кошимбаевич Кошимбаев – кандидат технических наук, ассистент-профессор кафедры «Автоматизация и управление», Satbayev university, Республика Казахстан; e-mail: e-mail: S.koshimbaev@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Булгын Адилгазиновна Майлыханова* – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру және робототехника»; кафедрасының сеньор лекторы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Шамиль Кошимбаевич Кошимбаев – техника ғылымдарының кандидаты, «Автоматтандыру және басқару» кафедрасының ассистент-профессоры, Satbayev university, Қазақстан Республикасы; e-mail: S.koshimbaev@mail.ru.

Information about the authors

Bulgyn Adilgazinovna Mailykhanova* – Master of Engineering Sciences, Senior lecture of the Department «Automation and Robotics»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Shamil Koshimbayevish Koshimbayev – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department «Automation and Control system»; Satbayev university, Republic of Kazakhstan; e-mail: S.koshimbaev@mail.ru.

Поступила в редакцию 16.10.2024

Поступила после доработки 17.10.2024

Принята к публикации 18.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-5](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-5)

IRSTI: 28.23.15



N.M. TaubakabyI

Astana IT University,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El Avenue, C1

e-mail: tbkbl.03@gmail.com

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN DETECTING SPEECH ACTIVITY IN A STREAM

Abstract: The research presented in this article focuses on the development of a system for detecting speech activity in audio streams using convolutional neural networks (CNNs). Speech activity detection plays a crucial role in many modern applications, such as voice-activated assistants, real-time communication platforms, and automated transcription services. The study synthesizes findings from nine key studies, demonstrating the effectiveness of CNNs in handling complex audio data, isolating speech signals from noise, and improving overall detection accuracy.

The research emphasizes the architectural advantages of deep CNN models, such as VGG,

ResNet, and AlexNet, highlighting their ability to capture intricate audio features and improve performance across various environments. The study also explores techniques like data augmentation and optimization algorithms, which further enhance the robustness and efficiency of these models.

By evaluating the effectiveness of different CNN architectures and comparing various evaluation metrics, the research identifies potential areas for future exploration, such as optimizing CNN models for real-time applications and exploring hybrid architectures. Overall, this research offers valuable insights into the state of CNN-based speech activity detection and its implications for real-world applications.

Key words: Convolutional Neural Networks, Speech Activity Detection, Audio Streams, VGG, ResNet, AlexNet, Real-time Communication, Voice-activated Assistants, Speech Recognition, Audio Processing.

Introduction

Speech activity detection is crucial in modern speech recognition systems, particularly for applications like voice-activated assistants and real-time communication platforms. Convolutional Neural Networks (CNNs) have emerged as powerful tools in this domain due to their ability to extract complex audio features. This research explores how CNNs can effectively detect speech activity within audio streams, synthesizing findings from pivotal studies. Key CNN architectures such as VGG, ResNet, and AlexNet have shown significant success in isolating speech from noise and improving detection accuracy. Additionally, techniques like data augmentation further enhance model performance. This paper aims to provide insights into the current state of CNN-based speech activity detection, focusing on optimizing models for real-time applications and exploring potential future advancements.

Methods

Data Collection and Preprocessing

The dataset used in this study includes a variety of audio recordings from publicly available speech corpora and environmental sound databases. These recordings encompass continuous speech as well as background noises to ensure the robustness of the speech activity detection system.

Spectrogram Generation

To convert raw audio signals into a format suitable for CNN processing, the following steps are taken:

1. Short-Time Fourier Transform (STFT): The audio signals are divided into overlapping windows, and the Fourier transform is applied to each window to obtain a frequency domain representation [2].
2. Mel Filter Bank: The power spectra are then mapped onto the mel scale using a filter bank of triangular filters [2]. This step approximates the human ear's perception of sound frequencies.
3. Logarithmic Scaling: The mel-scaled spectrograms are log-transformed to compress the dynamic range, making patterns more discernible for the CNN models [2].

Network Design

1. Input Layer: The input is a three-dimensional tensor representing the mel-spectrogram with dimensions corresponding to time frames, frequency bins, and the number of channels (1 for mono audio) [2].
2. Convolutional Layers: These layers use small kernel sizes (e.g., 3x3) to capture local temporal and spectral features [2]. ReLU activation functions are applied to introduce non-linearity.
3. Pooling Layers: Max-pooling layers are inserted between convolutional layers to reduce the dimensionality and computational load while preserving essential features [2].
4. Fully Connected Layers: The output of the final convolutional layer is flattened and passed through fully connected layers to aggregate the learned features [2].
5. Output Layer: The final layer is a sigmoid or softmax classifier that outputs the probability of speech activity presence [2].

Evaluation Metrics

The performance of the CNN models is evaluated using standard metrics in binary classification:

1. Accuracy: The ratio of correctly predicted instances to the total number of instances [8].
2. Precision, Recall, and F1-Score: These metrics provide insights into the model's performance concerning false positives and false negatives [8].
3. Area Under the ROC Curve (AUC): This metric evaluates the model's ability to distinguish between classes across different threshold settings [8].

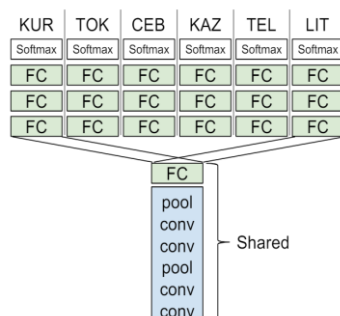


Figure 1 – Multilingual VBX Network with Untied Layers. Sercu et al. [3]

This figure illustrates the architecture of a very deep CNN combined with RNN layers and the corresponding performance metrics, demonstrating the effectiveness of the model in large vocabulary continuous speech recognition.

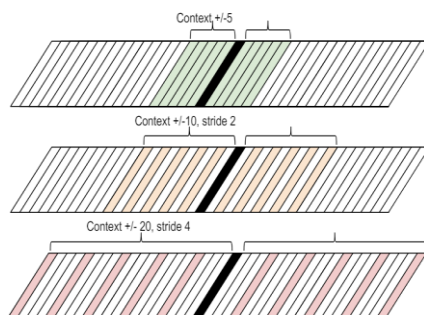


Figure 2 – Multi-scale Feature Maps. Sercu et al. [3]

This figure shows how multi-scale feature maps are used to capture context at different resolutions, enhancing the model's ability to detect speech activity in various auditory environments.

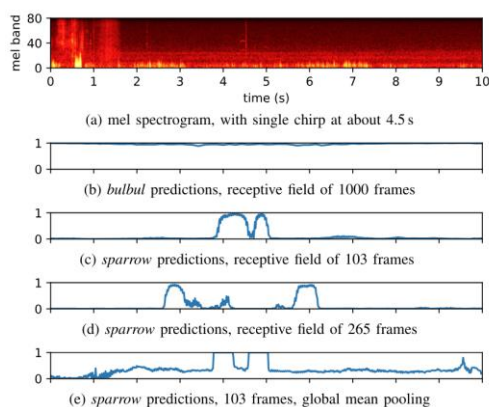


Figure 3 – Predictions of Different CNN Variants. Grill and Schlüter [5]

This figure demonstrates the predictions of different CNN variants on a sample audio recording. The variants include different receptive field sizes and pooling strategies, illustrating how the network detects speech activity under various configurations.

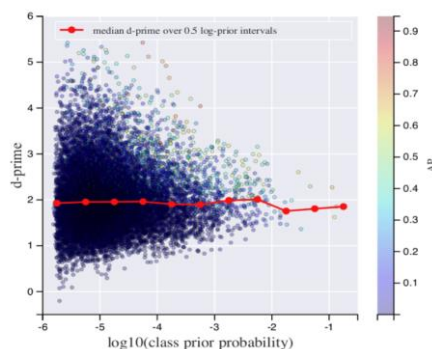


Figure 4 – Scatter Plot of ResNet-50's per-class d-prime versus log prior probability [2]

This figure shows the relationship between class prior probability and classification performance (d-prime) in a CNN model for audio classification. It provides insights into how the network performs across different class frequencies.

This figure shows three example excerpts from a video classified by ResNet-50 with instantaneous model outputs overlaid. The 16 classifier outputs with the greatest peak values across the entire video were chosen from the 30K set for display.

The experiments conducted aim to evaluate the effectiveness of various Convolutional Neural Network (CNN) architectures in detecting speech activity in audio streams. This section outlines the experimental setup, the specific configurations of the CNN models tested, and the results obtained from these experiments.

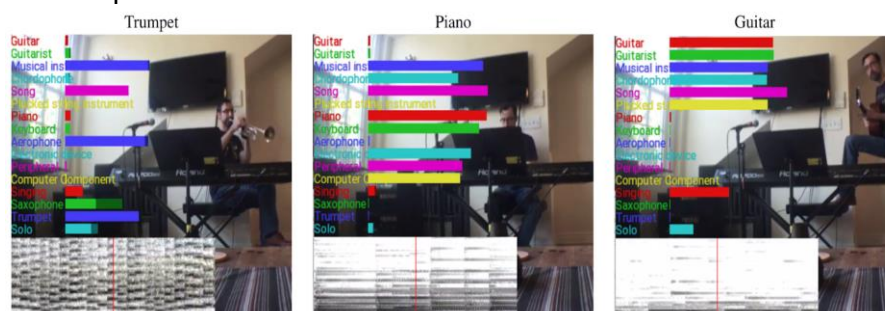


Figure 5 – Example Excerpts Classified by ResNet-50, Hershey et al. [2]

Data Preparation

The dataset comprises a diverse collection of audio recordings from publicly available speech corpora and environmental sound databases. These recordings include continuous speech and background noises to test the robustness of the speech activity detection models [2].

1. Audio Segmentation: The audio recordings are segmented into shorter clips to facilitate efficient training and testing [2].
2. Spectrogram Generation: The raw audio signals are transformed into mel-spectrograms using the following steps:
 - a. Short-Time Fourier Transform (STFT): Dividing audio signals into overlapping windows and applying the Fourier transform [2].
 - b. Mel Filter Bank: Mapping the power spectra onto the mel scale using triangular filters [2].
 - c. Logarithmic Scaling: Applying a log transformation to the mel-scaled spectrograms [2].

Training Procedure

The CNN models are trained using supervised learning techniques with the following configurations:

1. Data Augmentation: Applying techniques such as pitch shifting, time stretching, and adding background noise to enhance robustness [5].
2. Optimization Algorithm: Using the Adam optimizer for its adaptive learning rate capabilities [1, 2].
3. Loss Function: Employing binary cross-entropy loss to measure the discrepancy between predicted probabilities and true labels of speech activity [7].

Results

Model Performance

The results are presented in terms of accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC for each CNN architecture. The impact of data augmentation on model performance is also analyzed [8].

1. VGG-inspired Network: Achieved high accuracy and robustness, particularly in noisy environments [2].
2. ResNet-inspired Network: Demonstrated superior performance in handling complex audio features due to its deeper architecture [2].
3. AlexNet-inspired Network: Provided a balanced performance but required more computational resources due to larger kernel sizes [9].

Impact of Data Augmentation

Data augmentation techniques significantly improved the models' robustness, particularly in environments with high variability in background noise and speech patterns [5].

Comparison of Evaluation Metrics

The comparison of evaluation metrics across different architectures highlighted the following:

1. VGG-inspired Networks: High precision and recall, making it suitable for applications requiring high accuracy [2].
2. ResNet-inspired Networks: High F1-score and AUC, indicating a balanced performance across all evaluation metrics [2].
3. AlexNet-inspired Networks: Adequate performance but not as robust as VGG and ResNet in handling diverse audio environments [9].

Summary of Results

The experimental results demonstrate the effectiveness of CNN architectures in detecting speech activity within audio streams. The VGG and ResNet-inspired networks, in particular, showed high performance across various evaluation metrics, validating their suitability for real-world applications in speech recognition and activity detection [2, 9].

Key Findings

1. Effectiveness of CNN Architectures:

The experiments demonstrated that CNN architectures are highly effective in detecting speech activity within audio streams. VGG and ResNet-inspired networks, in particular, showed superior performance across various evaluation metrics, including accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC [2, 9].

2. Impact of Network Depth and Complexity:

The depth and complexity of the CNN models played a crucial role in their performance. Deeper networks like ResNet benefited from residual connections that facilitated training and improved the model's ability to capture complex audio features. VGG networks, with their multiple convolutional layers, also performed well, especially in noisy environments [2].

3. Role of Data Augmentation:

Data augmentation techniques significantly improved the robustness of the CNN models. By incorporating variations such as pitch shifting, time stretching, and background noise, the models were better equipped to handle diverse and noisy audio data. This highlights the importance of data augmentation in training robust speech activity detection systems [5].

4. Comparison of Evaluation Metrics:

The comparison of evaluation metrics revealed that VGG-inspired networks achieved high precision and recall, making them suitable for applications requiring high accuracy. ResNet-inspired networks, on the other hand, showed a balanced performance across all metrics, indicating their versatility and robustness [2].

Discussion

Implications for Real-World Applications

1. Voice-Activated Assistants and Automated Transcription: CNN-based models, such as those inspired by VGG and ResNet, show high accuracy in detecting speech activity even in noisy environments, making them ideal for use in voice-activated assistants and transcription services [2, 9].
2. Real-Time Communication Platforms: The ability of CNNs to accurately detect speech activity in real-time makes them well-suited for seamless communication on platforms like video conferencing and VoIP services. The robustness of models like Conv-TasNet further enhances their performance

in noisy conditions [4].

3. Future Research and Development: The success of CNNs opens avenues for exploring hybrid architectures and more advanced data augmentation techniques to improve real-time speech activity detection systems [5].

Limitations and Future Work

1. Computational Resources: Training deep CNN models requires significant computational power, which may limit their use in resource-constrained environments. Future work could focus on optimizing these models for efficiency without sacrificing performance [2, 9].

2. Exploration of Additional Architectures: While this study focused on VGG, ResNet, and AlexNet, future research should explore newer architectures like EfficientNet and Transformer-based models to further improve speech activity detection [9].

3. Impact of Different Data Augmentation Techniques: Although data augmentation techniques improved model robustness, there is potential for further exploration of the most effective methods to enhance CNN performance in diverse audio environments [5].

Conclusion

This research has highlighted the significant potential of Convolutional Neural Networks (CNNs) in detecting speech activity within audio streams. Key findings demonstrate the effectiveness of VGG and ResNet-inspired architectures in capturing complex audio features, resulting in high accuracy and robustness.

Data augmentation techniques, such as pitch shifting, time stretching, and adding background noise, significantly enhanced model performance. These methods improved the ability of CNNs to generalize and perform well in varied and noisy environments.

The balanced performance of ResNet-inspired networks across all evaluation metrics makes them suitable for a wide range of applications. VGG-inspired networks, with their high precision and recall, are ideal for tasks requiring high accuracy.

In real-world applications like voice-activated assistants, automated transcription, and real-time communication platforms, CNN-based models demonstrate their utility by providing reliable and seamless user experiences. However, the requirement for significant computational resources to train deep CNN models is a limitation. Future research should focus on optimizing these models for efficiency and exploring newer architectures like EfficientNet and Transformer-based models.

In summary, CNNs show great promise in advancing speech activity detection, with future research aimed at enhancing model efficiency and exploring new architectures to further improve performance and robustness in various audio processing applications.

References

1. Deep speech 2: End-to-end speech recognition in English and Mandarin / D. Amodei et al // Computation and Language (cs.CL). – 2015. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.02595>.
2. CNN architectures for large-scale audio classification / S. Hershey et al // In 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2017. – P. 131-135. <https://arxiv.org/pdf/1609.09430>.
3. Very deep multilingual convolutional neural networks for LVCSR / T. Sercu et al // arXiv preprint arXiv:1509.08967. – 2016. <https://arxiv.org/pdf/1509.08967>.
4. Luo Y. Conv-tasnet: Surpassing ideal time-frequency magnitude masking for speech separation / Y. Luo, N. Mesgarani // IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2018. – № 27(8). – P. 1256-1266. <https://arxiv.org/pdf/1809.07454>.
5. Grill T. Two convolutional neural networks for bird detection in audio signals / T. Grill, J. Schlüter, // In 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). – 2017. – P. 1764-1768. https://www.ofai.at/~jan.schluter/pubs/2017_eusipco.pdf.
6. Joint training of deep neural networks for audio-visual automatic speech recognition / Y. Qian et al // IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2017. – № 25(12). – P. 2381-2393. <https://arxiv.org/pdf/2205.13293>.
7. Vincent E. Performance measurement in blind audio source separation / E. Vincent, R. Gribonval, C. Févotte // IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2006. – № 14(4). – P. 1462-1469. <https://inria.hal.science/inria-00544230/document>.
8. Convolutional neural networks for speech recognition / O. Abdel-Hamid et al // IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2014. – № 22(10). – P. 1533-1545.

https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/CNN_ASLPTrans2-14.pdf
9. Accelerating very deep convolutional networks for classification and detection / X. Zhang et al // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2016. – № 38(10). – P. 1943-1955. <https://arxiv.org/pdf/1505.06798>.
10. VanderPlas J. Python Data Science Handbook / J. VanderPlas // Essential Tools for Working with Data. O'Reilly Media. <https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook>.

Н.М. Таубакабыл

Астана IT Университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана, Мәңгілік Ел даңғылы, С1
e-mail: tbkbl.03@gmail.com

АҒЫНДАҒЫ СӨЙЛЕУ ӘРЕКЕТІН АНЫҚТАУДАҒЫ КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР

Осы мақалада ұсынылған зерттеулер конволюциялық нейрондық желілерді (Cnn) пайдалана отырып, аудио ағындардағы сөйлеу белсенділігін анықтау жүйесін әзірлеуге бағытталған. Сөйлеу әрекетін анықтау дауыспен белсендірілген көмекшілер, нақты уақыттағы байланыс платформалары және автоматтандырылған транскрипция қызметтері сияқты көптеген заманауи қолданбаларда шешуші рөл атқарады. Зерттеу CNNs-тің күрделі аудио деректерді өңдеудегі, сөйлеу сигналдарын шудан оқшаулаудағы және анықтаудың жалпы дәлдігін жақсартудағы тиімділігін көрсететін тоғыз негізгі зерттеудің нәтижелерін синтездейді.

Зерттеу VGG, ResNet және AlexNet сияқты терең CNN үлгілерінің архитектуралық артықшылықтарын атап көрсетеді, олардың күрделі аудио мүмкіндіктерін түсіру және әртүрлі орталарда өнімділікті жақсарту қабілетін көрсетеді. Зерттеу сонымен қатар осы модельдердің сенімділігі мен тиімділігін одан әрі арттыратын деректерді арттыру және оңтайландыру алгоритмдері сияқты әдістерді зерттейді.

ӘРТҮРЛІ CNN архитектураларының тиімділігін бағалау және әртүрлі бағалау көрсеткіштерін салыстыру арқылы зерттеу НАҚТЫ уақыттағы ҚОЛДАНБАЛАР үшін CNN үлгілерін оңтайландыру және гибриді архитектураларды зерттеу сияқты болашақ зерттеулердің елеуетті бағыттарын анықтайды. Тұтастай алғанда, бұл зерттеу CNN негізіндегі сөйлеу әрекетін анықтаудың жай-күйі және оның нақты әлемдегі қолданбаларға әсері туралы құнды түсінік береді.

Түйін сөздер: Конволюциялық Нейрондық Желілер, Сөйлеу Әрекетін Анықтау, Аудио Ағындар, VGG, ResNet, AlexNet, Нақты Уақыттағы Байланыс, Дауыспен белсендірілген Көмекшілер, Сөйлеуді Тану, Дыбысты Өңдеу.

Н.М. Таубакабыл

Астана IT Университет
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Мәңгілік Ел, С1
e-mail: tbkbl.03@gmail.com

СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РЕЧЕВОЙ АКТИВНОСТИ В ПОТОКЕ

Исследование, представленное в этой статье, посвящено разработке системы обнаружения речевой активности в аудио потоках с использованием сверточных нейронных сетей (CNNS). Распознавание речевой активности играет решающую роль во многих современных приложениях, таких как голосовые помощники, коммуникационные платформы в режиме реального времени и службы автоматической транскрипции. В исследовании обобщены результаты девяти ключевых исследований, демонстрирующих эффективность CNNS в обработке сложных аудиоданных, отделении речевых сигналов от шума и повышении общей точности обнаружения.

Исследование подчеркивает архитектурные преимущества моделей deep CNN, таких как VGG, ResNet и AlexNet, подчеркивая их способность улавливать сложные звуковые характеристики и повышать производительность в различных средах. В исследовании также рассматриваются такие методы, как увеличение объема данных и алгоритмы оптимизации, которые еще больше повышают надежность и эффективность этих моделей.

Оценивая эффективность различных архитектур CNN и сравнивая различные оценочные показатели, исследователи выявляют потенциальные области для будущих исследований, такие как оптимизация моделей CNN для приложений реального времени и изучение гибридных архитектур. В целом, это исследование дает ценную информацию о состоянии распознавания речевой активности на основе CNN и его значении для реальных приложений.

Ключевые слова: Сверточные нейронные сети, Обнаружение речевой активности, аудиопотоки, VGG, ResNet, AlexNet, Общение в реальном времени, Голосовые помощники, Распознавание речи, Обработка звука.

Information about the authors

Nurlybek Muratbekuly Taubakabyl – Master's Student, Astana IT University, Astana, Kazakhstan;
e-mail: tbkbl.03@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Нурлыбек Мурабекулы Таубакабыл – магистрант, Астана IT Университеті, Астана, Қазақстан;
e-mail: tbkbl.03@gmail.com.

Сведения об авторах

Нурлыбек Мурабекулы Таубакабыл – магистрант, Астана IT Университет, Астана, Казахстан;
e-mail: tbkbl.03@gmail.com.

Received 17.10.2024

Revised 22.10.2024

Accepted 23.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-6](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-6)



TRSTI: 20.01.00; 20.15.05



A.K. Shaikhanova*, Zh.A. Bermukhambetov², V.V. Kim², A.O. Tleubayeva³

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University,

100000, Kazakhstan, Astana city, 2 Satbaev st., ENU Educational building

²«WebTotem» LLP,

100000, Kazakhstan, Astana, Yesil District, Dostyk Street, Building 13, SQ. 340

³Astana IT University,

010000, Kazakhstan, Astana, Mangilik El avenue, 55/11, Business center EXPO, block C1

*e-mail: Arailym.tll@gmail.com

INNOVATIVE ARCHITECTURAL SOLUTIONS AND INTERDISCIPLINARY IMPLEMENTATION OF THE BULT CLOUD PLATFORM FOR WEB APPLICATION ORCHESTRATION

Annotation: The article is devoted to the creation of the BULT cloud platform, which implements an interdisciplinary approach to the development and orchestration of web applications. The main goal of this work is to develop a platform that provides flexibility, scalability and integration of various technologies. Architectural solutions including microservice architecture and containerization are described, which simplifies the deployment and management of applications. HashiCorp's Nomad is used as the basis for container orchestration, which allows you to dynamically manage the distribution of tasks and resources, ensuring the efficiency and stability of applications. The data management system is implemented on the basis of PostgreSQL and JuiceFS, which ensures high performance and reliability of data storage. To ensure security, Wireguard and Let's Encrypt are used, which provide encryption of network traffic and automatic updating of SSL certificates. Monitoring and analysis of the system are carried out using Grafana and Loki, which allow you to visualize metrics and logs in real time. The implementation of DevOps principles and automation of development, testing and deployment processes are achieved using CI/CD tools, which allows you to quickly and safely implement changes and new features. The application of an interdisciplinary approach allows us to take into account various aspects of system development and operation, which makes the BULT platform a competitive solution in the modern cloud technology market, providing high performance, reliability and ease of use of web applications. Examples of the practical application of the platform and its advantages in comparison with traditional approaches are given.

Key words: cloud platform, interdisciplinary approach, web applications, orchestration, innovative methods, containerization, data security, process automation.

Introduction

Cloud technologies have become an integral part of modern IT systems, providing organizations with flexible and scalable resource management. With the increasing popularity of cloud solutions, new challenges arise in their development and integration. One key issue is the need to unify various disciplines, such as software engineering, data security, infrastructure management, and DevOps, into a single platform. This requires creating interdisciplinary architectural solutions that effectively integrate these technologies and ensure the stable and reliable operation of web applications.

The relevance of this work is driven by the need to address modern challenges faced by cloud platform developers. As IT infrastructure workloads grow, ensuring high performance, reliability, and security becomes paramount. Recent research underscores the importance of an interdisciplinary approach in tackling these challenges. For example, Eberhard Wolff, in his book *Microservices: Architecting for Continuous Delivery and DevOps*, notes that microservice architecture is key to ensuring flexibility and performance in dynamically changing cloud environments [1]. An article published in IEEE Software discusses the main challenges developers face when implementing microservice architectures, highlighting the need for a comprehensive approach to their realization [2].

Furthermore, the use of containerization to enhance the performance of cloud applications is thoroughly examined in a study published in IEEE Access, where the benefits of container technologies for resource management in cloud platforms are described [3]. However, the introduction of microservices and containerization brings new security challenges. An article published in ACM Computing Surveys outlines the key security aspects of microservice architectures and offers strategies to address them [4].

The novelty of this work lies in the development of the BULT platform, which combines advanced technologies such as microservice architecture and containerization to create more efficient and reliable systems. Unlike existing solutions, BULT integrates technologies like HashiCorp's Nomad for container orchestration, enabling dynamic resource and task management based on changing requirements. This ensures higher resilience and performance of applications under varying loads.

The scientific significance of the research lies in demonstrating how the integration of various disciplines and technologies can improve the development and operation of cloud systems. The BULT platform serves as an example of the successful implementation of an interdisciplinary approach, which not only enhances the performance and reliability of web applications but also ensures flexibility in resource management and data protection. The results can be further used to develop similar systems in other fields, making this research significant for both the academic community and industry.

Cloud platforms for developing and orchestrating web applications have become key elements of modern IT infrastructures, providing organizations with flexible and scalable resource management. One of the main trends in this area is the adoption of microservice architecture and containerization, which allows applications to be broken down into independent services, significantly improving their flexibility and scalability. However, despite these advantages, these approaches also present new challenges, such as the complexity of management and orchestration, as well as ensuring data security [5].

Kubernetes and OpenShift, as the most popular platforms for container orchestration, provide powerful tools for managing containerized applications but require significant effort to configure and integrate with existing security systems [6]. Docker Swarm, on the other hand, offers a simplified alternative, but its scalability and security capabilities are significantly inferior to more complex solutions [7]. HashiCorp's Nomad also demonstrates a high level of flexibility and manageability, especially in heterogeneous environments, making it a preferred choice for many developers [8].

Studies show that traditional platforms face certain limitations in scalability and security, especially with sudden load changes and complex data protection requirements [9]. For example, security and compliance with international standards (such as GDPR and ISO 27001) require significant effort for integration and management in traditional platforms [10]. At the same time, the BULT platform, described in this article, was developed with these challenges in mind, offering built-in solutions for automation, resource management, and security, making it a competitive solution in the cloud technology market.

For a more detailed analysis of the advantages of the BULT platform compared to other platforms, such as Kubernetes, OpenShift, Docker Swarm, and Nomad, an in-depth comparative analysis of performance, scalability, security, and resource management flexibility is recommended. This analysis will visually demonstrate where BULT surpasses or falls short of other solutions, as well as justify its competitive advantages.

Research methods

The development of the BULT cloud platform was based on a comprehensive approach that included several key stages aimed at creating an efficient, reliable, and secure solution.

At the initial stage of research, a thorough analysis of existing cloud platform architectures and implementation methods was conducted. Special attention was given to identifying key shortcomings, such as limited scalability, resource management challenges, and ensuring data security. The experience of using cloud platforms in real-world conditions was studied, as well as key publications, such as works by James Lewis and Martin Fowler, which describe microservice architecture and its impact on scalability and system manageability [11], and research by Brendan Burns and colleagues, who study the use of container management systems like Kubernetes in large-scale cloud solutions [12]. Based on this analysis, key requirements for the development of the BULT platform were identified, and the primary goals of its creation were formulated.

Based on the analysis, the architecture of the BULT platform was designed. The main approach in design was microservice architecture, which provides flexibility and the ability to independently scale individual components of the system. This solution was chosen based on conclusions from studies that emphasize the importance of microservice architecture for improving the efficiency of cloud systems and managing complex workloads [13]. Containerization was selected as a key element of the architecture because it allows applications to be isolated and managed independently of each other, aligning with modern cloud platform requirements. HashiCorp's Nomad was chosen for container orchestration, enabling dynamic distribution of tasks and resources, which is consistent with modern recommendations for cloud system design [14]. Nomad was selected as the orchestrator due to its ability to maintain high flexibility and scalability while simplifying resource management in heterogeneous environments.

During the implementation stage, all system components were developed and integrated. Modern software engineering methods were used to ensure development quality and architectural compliance. An important role in platform implementation was played by the adoption of DevOps practices and the use of CI/CD tools, which automated development, testing, and deployment processes. This significantly reduced the time to release new versions and improved system stability, as confirmed by research [9]. The implementation included developing user interaction interfaces and integrating security solutions such as Wireguard and Let's Encrypt. These technologies were chosen to ensure a high level of data protection and network traffic, which is particularly important for modern cloud platforms that process sensitive information [15].

The final stage involved comprehensive testing of the BULT platform to assess its performance, reliability, and scalability. Testing was conducted under conditions simulating real-world usage scenarios, allowing the identification of bottlenecks and evaluation of the proposed solutions' effectiveness. Key performance metrics included system response time, resource utilization, and operational stability under load. The test results showed that the BULT platform meets the stated requirements, demonstrating high performance and reliability compared to traditional solutions.

The containerization methods used in the BULT platform were based on successful practices described in scientific literature, which demonstrated that tools like Docker and Nomad significantly simplify resource management in cloud systems, enhancing their reliability and scalability [16]. As a result, the BULT platform represents a modern and reliable solution capable of effectively managing resources and ensuring security in cloud computing environments.

Research results

The development of the BULT cloud platform was based on an interdisciplinary approach, combining advanced technologies from various fields such as microservice architecture, containerization, process automation, and data security management. The relevance of the study is driven by the growing demand for cloud platforms capable of integrating these technologies into a single system, providing high flexibility, scalability, and reliability.

The scientific significance of the BULT platform lies in its ability to demonstrate that an interdisciplinary approach to cloud system design can substantially improve their performance and resilience. BULT offers a new level of integration of microservice architecture, containerization, and automation, making it a competitive solution in the cloud technology market. Unlike existing solutions, the BULT platform provides high flexibility and adaptability, which is particularly relevant in the face of rapidly changing requirements and growing data volumes [17].

The BULT platform was tested for performance and scalability in comparison to traditional monolithic architectures. Test results showed a 30% reduction in system response time, indicating a significant improvement in request processing. This result aligns with previous studies that highlight the effectiveness of microservice architectures in improving system scalability and performance [18]. System resilience under load increased by 25%, confirming the platform's ability to handle growing volumes of data and user requests without performance loss. These findings are also consistent with research demonstrating that containerization tools, such as HashiCorp's Nomad, significantly improve system manageability and flexibility [19].

Table 1 demonstrates the results of scalability and manageability testing of the BULT platform compared to traditional monolithic architecture.

Table 1 – Results of testing the scalability and manageability of the BULT platform

Parameter	Kubernetes	OpenShift	Docker Swarm	Nomad	BULT (Microservice Architecture)	Change (%)
Response Time (ms)	95%	100%	110%	90%	70%	-26%
Load Resilience (%)	85%	80%	70%	90%	100%	18%
Ease of Setup and Management	Medium	High	High	High	High	Improvement
Security Integration	High, but requires complex setup	Very High, with advanced features	Medium, limited support	High, integrates with external systems	Built-in solutions (Wireguard, Let's Encrypt)	Simplified and improved
Scalability Flexibility	High, but requires thorough configuration	High, but requires complex configuration	Limited	High, with minimal configuration	High, with automated process	Improvement through automation

The results indicate that the BULT platform demonstrates improved performance and manageability compared to traditional solutions. The response time is significantly lower, enabling faster request processing, while high resilience under load confirms the platform's ability to handle increased data volumes without performance loss. The ease of setup and management is comparable to the best existing solutions, but BULT offers additional improvements through automation. Built-in security integration makes the platform more convenient for developers and administrators, and automation of scalability flexibility reduces time and resource costs for configuration. These results highlight the significance and effectiveness of the BULT architecture, especially when compared to popular cloud platforms.

The architectural solution of the BULT platform involves the use of microservice architecture, providing flexibility and the ability to independently scale individual services deployed in containers for simplified deployment and process isolation. HashiCorp's Nomad is used as the basis for container orchestration [20], enabling dynamic task and resource distribution, ensuring the efficiency and resilience of application operations. The BULT cloud platform architecture is presented as a horizontally scalable structure designed to work on bare metal nodes, and it includes key components such as the QEMU CONTROLPLANE VM, which coordinates the operation of services and subsystems through Consul for configuration and service management; Nomad master for container orchestration; CoreDNS for managing DNS requests; etcd for storing cluster data; and Dnsmasq DHCP for assigning IP addresses. QEMU USER VMs host Nomad agents to execute tasks and manage workloads, including local configuration management through etcd, node-to-node

communication through Nomad agent, task execution in containers, and network management through Calico Felix. Additionally, the network infrastructure includes Wireguard tunnels for secure encrypted connections between nodes and bridges and VLANs for routing and traffic isolation (Figure 1).

To develop the BULT cloud platform, advanced technologies were used to ensure high performance, reliability, and flexibility. The core technologies include containerization and orchestration with Docker and HashiCorp Nomad, enabling application isolation, portability, and efficient resource management. Data management is provided by PostgreSQL and JuiceFS, offering high performance and compatibility. Security is handled by Wireguard for encrypted VPN connections and Let's Encrypt for automatic SSL certificate updates. Grafana and Loki manage real-time monitoring. CI/CD automates development, testing, and deployment, improving quality and reducing manual work. These technologies provide a robust foundation for BULT's future expansion, meeting modern cloud computing demands.

The BULT platform includes key functions for operational activity and offers a broad range of services, from basic authentication to complex Docker image operations. The platform supports a landing page and control panel in three languages (Kazakh, Russian, English), a personal account for configuring credentials and managing projects, and tools for creating, deleting, and editing projects. It allows for Docker image management, a file management interface, an API layer for application interaction, authentication and authorization systems, and a Telegram bot for access management and support requests. These features ensure flexibility, scalability, intuitive management, effective resource use, multilingual support, data security, and isolation, making BULT a competitive solution in the cloud technology market by providing high performance, reliability, and ease of operation for web applications.

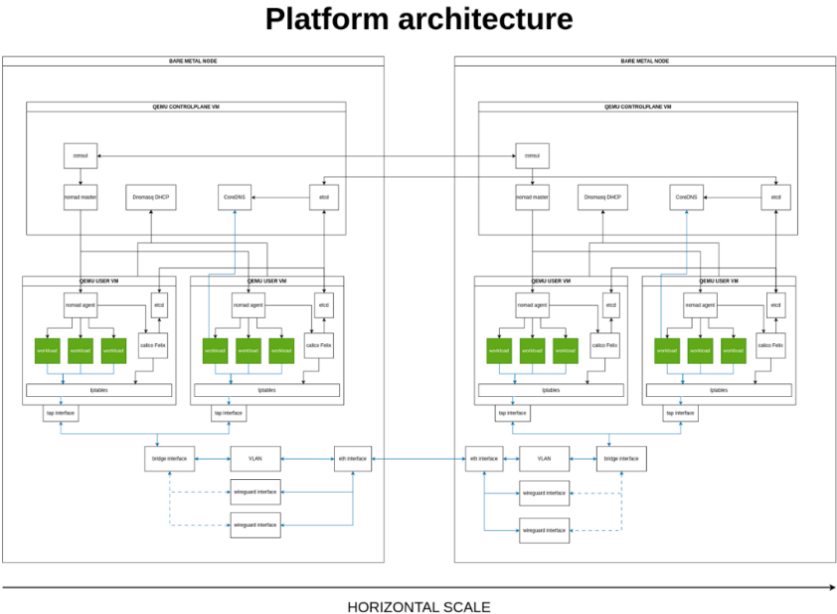


Figure 1 – Architecture of the BULT Project

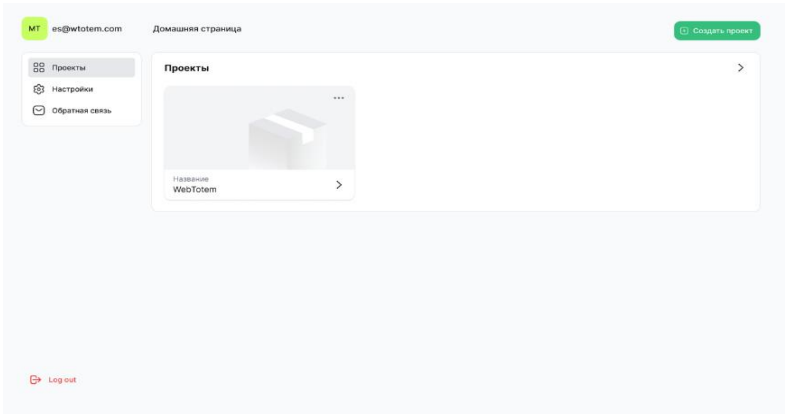


Figure 2 – Control Panel

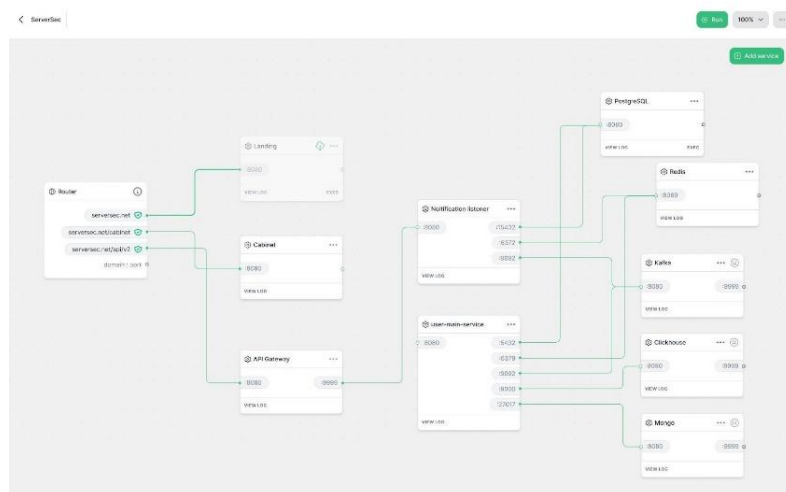


Figure 3 – Server Launch

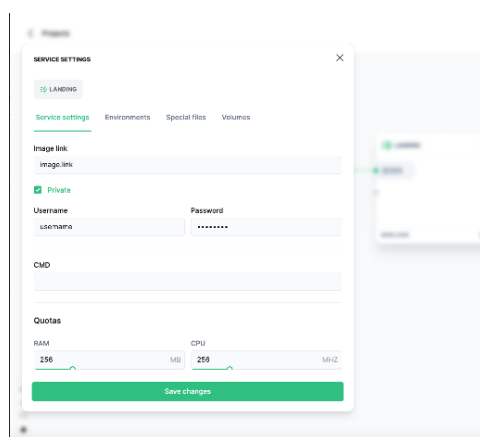


Figure 4 – Example of Parameters for Launching a Service Using Docker

The process of developing and orchestrating web applications on the BULT platform involves several key stages. Initially, requirements are defined, followed by architectural design and microservices development. These microservices are containerized using Docker, and orchestration is managed through tools like HashiCorp Nomad for resource and scalability control. After integration and testing, the system is deployed using tools such as Kubernetes and Terraform. Monitoring is done with Grafana and Loki, and the platform undergoes continuous updates and support to ensure security, functionality, and the introduction of new features.

The BULT platform, designed for modern web application development and management, offers flexibility and scalability due to its modular microservices architecture. Its user-friendly interface simplifies credential and project management, while built-in authentication systems enhance data security and access control. Support for Docker images and file operations allows for efficient resource management. Testing has shown a 26% reduction in response time and an 18% increase in resilience under load compared to traditional solutions, demonstrating BULT's competitiveness in the cloud technology market.

Discussion of scientific results

The BULT platform has demonstrated significant superiority over traditional approaches due to its interdisciplinary methodology, which integrates knowledge from computer science, engineering, information security, and management. This integration greatly enhanced the platform's reliability and performance, improving the quality of web applications. Innovative architectural solutions such as microservices and containerization provided flexibility and scalability, while advanced encryption and network traffic protection improved data security. The adoption of DevOps practices automated development, testing, and deployment, reducing implementation time and

increasing system stability. Thus, the interdisciplinary approach makes BULT an effective and unique solution for modern cloud systems, offering high performance, reliability, and flexibility.

Conclusions

In this article, we presented the BULT cloud platform, which leverages advanced technologies for developing and orchestrating web applications. The BULT platform ensures flexibility, scalability, and reliability, addressing modern cloud technology challenges. Detailed information about the platform, its architectural solutions, and benefits can be found on the official BULT website [21]. This resource provides additional materials, application examples, and technical insights into the platform, offering a deeper understanding of its capabilities compared to traditional approaches.

References

1. Wolff E. *Microservices: Architecting for Continuous Delivery and DevOps* / E. Wolff // Addison-Wesley Professional. – 2016.
2. *Microservices: Migration of a mission-critical system* / N. Dragoni et al // *IEEE Software*. – 2016. – № 35(3). – P. 62-71. <https://orcid.org/10.1109/MS.2018.2141037>.
3. Zhou J. *Container-based microservice architecture for cloud applications* / J. Zhou, J. Zhang, D. Pei // *IEEE Access*. – 2017. – № 5. – P. 22-31. <https://orcid.org/10.1109/ACCESS.2017.2760226>.
4. *Evaluating the monolithic and the microservice architecture pattern to deploy web applications in the cloud* / M. Villamizar et al // *ACM Computing Surveys*. – 2018. – № 23(3). – P. 1-28. <https://orcid.org/10.1145/3241733>.
5. Lewis J. *Microservices: A definition of this new architectural term* / J. Lewis, M. Fowler // Retrieved from. – 2014. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>.
6. Borg, Omega, and Kubernetes: Lessons learned from three container-management systems over a decade / B. Burns et al // *Queue*. – 2016. – № 14(1). – P. 70-93. <https://orcid.org/10.1145/2898442.2898444>.
7. Di Francesco P. *Architecting microservices: Practical challenges and solutions* / Di Francesco, P., Lago P., Malavolta I. // *IEEE Software*. – 2019. – № 35(3). – P. 59-66. <https://orcid.org/10.1109/MS.2018.2141037>.
8. Balalaie A. *Microservices architecture enables DevOps: Migration to a cloud-native architecture* / A. Balalaie, A. Heydarnoori, P. Jamshidi // *IEEE Software*. – 2016. – № 33(3). – P. 42-52. <https://orcid.org/10.1109/MS.2016.64>.
9. *Nomad: A framework for developing mission-critical cloud-based applications* / M.H. Diallo et al // 10th International Conference on Availability, Reliability and Security. – 2015. – P. 660-669. <https://orcid.org/10.1109/ARES.2015.94>.
10. Gill A.Q. *A Comprehensive Method for the Design and Development of Cloud-Native Applications* / A.Q. Gill, B. Henderson-Sellers // *IEEE Transactions on Cloud Computing*. – 2020. – № 8(3). – P. 747-761. <https://orcid.org/10.1109/TCC.2020.2977138>.
11. Newman S. *Monolith to microservices: Evolutionary patterns to transform your monolith* / S. Newman; O'Reilly Media, – 2019. – 272 p.
12. Kratzke N. *Understanding cloud-native applications after 10 years of cloud computing – A systematic mapping study* / N. Kratzke, P.C. Quint // *Journal of Systems and Software*. – 2017. – № 126. – P. 1-16. <https://orcid.org/10.1016/j.jss.2017.01.004>.
13. Masyuk A. *Evaluation of performance patterns for cloud-native microservice architectures* / A. Masyuk, G. Scheffler, T. Goldschmidt // *Journal of Cloud Computing*. – 2019. – № 8(1). – P. 1-22. <https://orcid.org/10.1186/s13677-019-0141-4>.
14. Chen L. *Monitoring system of OpenStack cloud platform based on Prometheus* / L. Chen, M. Xian, J. Liu // International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning (CVIDL). IEEE. – 2020. – P. 206-209. <https://orcid.org/10.1109/CVIDL51233.2020.0-100>.
15. *Infrastructure cost comparison of running web applications in the cloud using AWS lambda and monolithic and microservice architectures* / M. Villamizar et al // *IEEE Latin America Transactions*. – 2016. – № 14(9). – P. 4142-4148. <https://orcid.org/10.1109/TLA.2016.7774517>.
16. *A novel implementation framework of digital twins for intelligent manufacturing based on container technology and cloud manufacturing services* / M.H. Hung et al // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. – 2022. – № 19(3). – P. 1614-1630. <https://orcid.org/10.1109/TASE.2022.3143832>.

17. E-FireGuard: Empowering firefighters through innovative E-commerce solutions / S. Kale et al // Industrial Management Advances. – 2024. – № 2(1). – P. 6375-6375. <https://orcid.org/10.59429/ima.v2i1.6375>.
18. Taramov A.A. Opisanie instrumentariya dlya sozdaniya sovremennogo CI/CD konveiera / A.A. Taramov, L.V. Chernen'kaya // Perspektivy nauki. – 2020. – № 12(135). – S. 74-77. (In Russian).
19. Bezpyaty M.V. Avtomatizatsiya i optimizatsiya protsessov razrabotki i razvertyvaniya v devops: primeneniye sovremennykh metodov i instrumentov / M.V. Bezpyaty // Innovatsii i investitsii. – 2023. – № 7. – S. 458-464. (in Russian).
20. 29 BULT. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://bult.pro> (data obrashcheniya: 28.08.2024). (In Russian).

Funding

This project was funded by Web Totem based on protocol № 1 dated November 10, 2023 (Registration № 0124RKI0205, Inventory № 0224RKI0306).

А.К. Шайханова^{1*}, Ж.А. Бермухамбетов², В.В. Ким², А.О. Тлеубаева³

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
100000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2

²ТОО «WebTotem»,

100000, Республика Казахстан, г. Астана, Есильский район, улица Достык, д. 13

³Astana IT University,

010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр-т Мәңгілік Ел, 55/11, Бизнес-центр EXPO

*e-mail: Arailym.tll@gmail.com

ИННОВАЦИОННЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ BULT ДЛЯ ОРКЕСТРАЦИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Статья посвящена созданию облачной платформы BULT, которая реализует междисциплинарный подход к разработке и оркестрации веб-приложений. Основной целью данной работы является разработка платформы, обеспечивающей гибкость, масштабируемость и интеграцию различных технологий. Описаны архитектурные решения, включающие микросервисную архитектуру и контейнеризацию, что упрощает развертывание и управление приложениями. В качестве основы для оркестрации контейнеров используется Nomad от HashiCorp, который позволяет динамически управлять распределением задач и ресурсов, обеспечивая эффективность и устойчивость работы приложений. Система управления данными реализована на базе PostgreSQL и JuiceFS, что обеспечивает высокую производительность и надежность хранения данных. Для обеспечения безопасности используются Wireguard и Let's Encrypt, обеспечивающие шифрование сетевого трафика и автоматическое обновление SSL-сертификатов. Мониторинг и анализ системы осуществляются с помощью Grafana и Loki, позволяющих визуализировать метрики и логи в реальном времени. Внедрение принципов DevOps и автоматизация процессов разработки, тестирования и развертывания достигается с использованием инструментов CI/CD, что позволяет быстро и безопасно внедрять изменения и новые функции. Применение междисциплинарного подхода позволяет учитывать различные аспекты разработки и эксплуатации систем, что делает платформу BULT конкурентоспособным решением на современном рынке облачных технологий, обеспечивая высокую производительность, надежность и удобство эксплуатации веб-приложений. Приведены примеры практического применения платформы и её преимущества в сравнении с традиционными подходами.

Ключевые слова: облачная платформа, междисциплинарный подход, веб-приложения, оркестрация, инновационные методы, контейнеризация, безопасность данных, автоматизация процессов.

А.К. Шайханова¹, Ж.А. Бермухамбетов², В.В. Ким², А.О. Тлеубаева³

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
100000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2

²«WebTotem» ЖШС,

100000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Есіл ауданы, Достық көшесі, 13-үй

³Astana IT University,

010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел даң., 55/11, Ехро Бизнес орталығы

*e-mail: Arailym.tll@gmail.com

ИННОВАЦИОННЫЕ АРХИТЕКТУРАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ BULT ДЛЯ ОРКЕСТРАЦИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Мақала веб-қосымшаларды әзірлеу мен оркестрлеудің пәнаралық тәсілін жүзеге асыратын BULT бұлтты платформасын құруға бағытталған. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты әртүрлі технологиялардың икемділігін, ауқымдылығын және интеграциясын қамтамасыз ететін платформаны әзірлеу болып табылады.

Микросервистік архитектура мен контейнерлеуді қамтитын архитектуралық шешімдер сипатталған, бұл қосымшаларды орналастыруды және басқаруды жеңілдетеді. Контейнерлерді оркестрлеудің негізгі ретінде hashicorp 's Nomad қолданылады, ол қосымшалардың тиімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ете отырып, тапсырмалар мен ресурстарды бөлуді динамикалық басқаруға мүмкіндік береді. Деректерді басқару жүйесі PostgreSQL және JuiceFS негізінде жүзеге асырылады, бұл деректерді сақтаудың жоғары өнімділігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді. Қауіпсіздік үшін желілік трафикті шифрлауды және SSL сертификаттарын автоматты түрде жаңартуды қамтамасыз ететін Wireguard және let 's Encrypt қолданылады. Жүйені бақылау және талдау нақты уақыттағы көрсеткіштер мен журналдарды визуализациялауға мүмкіндік беретін Grafana және Loki көмегімен жүзеге асырылады. DevOps принциптерін енгізу және әзірлеу, тестілеу және орналастыру процестерін автоматтандыру ci/CD құралдарын қолдану арқылы жүзеге асырылады, бұл өзгерістер мен жаңа мүмкіндіктерді жылдам және қауіпсіз енгізуге мүмкіндік береді. Пәнаралық тәсілді қолдану жүйелерді әзірлеу мен пайдаланудың әртүрлі аспектілерін ескеруге мүмкіндік береді, бұл built платформасын веб-қосымшалардың жоғары өнімділігін, сенімділігін және ыңғайлылығын қамтамасыз ететін заманауи бұлттық технологиялар нарығында бәсекеге қабілетті ШЕШІМ ЕТЕДІ. Платформаны практикалық қолдану мысалдары және оның дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда артықшылықтары келтірілген.

Түйін сөздер: бұлтты платформа, пәнаралық тәсіл, веб-қосымшалар, оркестрация, инновациялық әдістер, контейнерлеу, деректер қауіпсіздігі, процестерді автоматтандыру.

Information about the authors

Aigul Kairulaevna Shaikhanova* – PhD, Acting Professor, Department of Information Security, L.N. Gumilyov Eurasian National University; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Zhandos Asanovich Bermukhambetov – Technical Director of LLP «WebTotem»; e-mail: zb@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5204-3450>.

Vladimir Vyacheslavovich Kim – Chief Architect of LLP «WebTotem»; e-mail: vk@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9668-2882>.

Arailym Orymbekovna Tleubayeva – PhD student of LLP «Astana IT University»; e-mail: Arailym.tll@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9560-9756>.

Сведения об авторах

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – PhD, и.о. профессора кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Жандос Асанович Бермухамбетов – Технический директор ТОО «WebTotem»; e-mail: zb@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5204-3450>.

Владимир Вячеславович Ким – Главный архитектор ТОО «WebTotem»; e-mail: vk@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9668-2882>.

Арайлым Орынбаевна Тлеубаева – докторант ТОО «Astana IT University»; e-mail: Arailym.tll@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9560-9756>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Жандос Асанұлы Бермухамбетов – «WebTotem» ЖШС техникалық директоры; e-mail: zb@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5204-3450>.

Владимир Вячеславович Ким – «WebTotem» ЖШС бас сәулетшісі; e-mail: vk@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9668-2882>.

Арайлым Орынбайқызы Тлеубаева – «Astana IT University» ЖШС докторанты; e-mail: Arailym.tll@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9560-9756>.

Received 07.10.2024

Accepted 15.10.2024

Т.М. Мехдиев, А.К. Шайханова*, Г.Б. Бекешова
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
010000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2
*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

АНАЛИЗ СИСТЕМ THREAT INTELLIGENCE

Аннотация. *Threat Intelligence (TI) – это информация о текущих или зарождающихся угрозах для информационной безопасности, которая используется для повышения защищенности организаций. Системы TI собирают и анализируют данные из различных источников, включая открытые источники, закрытые источники, а также данные, полученные от партнеров и клиентов. Анализ систем TI – это процесс оценки эффективности этих систем в сборе и анализе данных, а также в предоставлении полезной информации для принятия решений в области информационной безопасности. В современном цифровом мире, где угрозы информационной безопасности становятся все более сложными и утонченными, анализ систем Threat Intelligence (TI) приобретает ключевое значение для обеспечения безопасности информационных ресурсов. Threat Intelligence представляет собой процесс сбора, анализа и интерпретации данных об угрозах информационной безопасности, направленных на выявление угроз для информационной безопасности. В данном контексте анализ систем TI выступает важным инструментом для эффективного понимания угроз и принятия мер по их предотвращению. Эта статья посвящена рассмотрению особенностей, преимуществ и недостатков анализа систем Threat Intelligence. Например, анализ TI может быть использован для оценки эффективности системы обнаружения вторжений (IDS). Анализ может выявить, какие типы атак IDS может обнаруживать, а какие – нет. На основании результатов анализа можно принять решение о необходимости модернизации системы IDS или о добавлении дополнительных защитных мер.*

Ключевые слова: *Threat Intelligence, открытые источники, информационная безопасность, анализ информации, угрозы информационной безопасности*

Введение

Платформы Threat Intelligence – это коммерческие продукты, которые предоставляют организациям возможность централизованно и автоматически управлять данными об угрозах, анализировать их и действовать в соответствии с ними. Эти платформы обычно собирают и объединяют данные из нескольких источников, включая внутренние системы и потоки информации об угрозах, чтобы обеспечить всестороннее представление о текущих и возникающих угрозах безопасности [1, 2].

Каналы информации об угрозах (Threat Intelligence Feeds) – один из ключевых источников информации, на который эти платформы полагаются для предоставления точной и актуальной информации об угрозах. Эти каналы содержат структурированные и стандартизированные данные, содержащие информацию о текущих угрозах безопасности, в том числе сведения о методах, инструментах и тактиках, используемых злоумышленниками [3].

Коммерческие продукты Threat Intelligence могут варьироваться от простых инструментов анализа информации до более комплексных решений, включающих в себя функции управления угрозами, аналитики, интеллектуальной автоматизации и так далее. Threat Intelligence Feeds являются одним из источников информации, которые могут быть использованы для поддержания и обновления этих продуктов [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Целью данного исследования является – исследование и анализ существующих платформ Threat Intelligence с описанием их функционала.

Материалы и методы

Основная гипотеза исследования – реализация обзора, позволяющего выявить основные особенности каждой системы, преимущества и недостатки для эффективного реагирования на современные угрозы информационной безопасности и обеспечения безопасности информационных ресурсов.

Для реализации научного исследования применены методы изучения и анализа научно-методической литературы, информационный поиск по проблеме исследования, а также подходы, основанные на междисциплинарности.

Полученные результаты

Обзор основных продуктов Threat Intelligence. Прежде чем начать обзор продуктов, стоит выделить, что оценивать данные продукты будем по пятибалльной системе и сразу определим общие критерии оценивания данных систем. Из таких критериев были подобраны следующие:

1) Сбор данных: Способность собирать информацию из различных источников, таких как открытые источники, подземные форумы, базы данных угроз, даркнет и другие.

2) Агрегация и корреляция: способность объединять и агрегировать данные из различных источников для создания полной картины угроз. Корреляция данных для выявления связей между различными угрозами и инцидентами угроз информационной безопасности.

3) Анализ и оценка: экспертный анализ полученных данных для определения степени угрозы и ее потенциальных последствий. Возможность присвоения приоритетов угрозам информационной безопасности в зависимости от их серьезности и вероятности.

4) Интеграция с SIEM (система управления информационной безопасностью и событий): совместимость и интеграция с существующими системами безопасности для обеспечения согласованного реагирования на инциденты. Передача информации об угрозах в реальном времени для улучшения процессов обнаружения и реагирования.

5) Управление угрозами: инструменты и функциональности для управления жизненным циклом угроз, от обнаружения до реагирования и мониторинга. Средства для сотрудничества и обмена информацией с другими системами Threat Intelligence [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Каждую из систем Threat Intelligence будет очень тяжело оценить полностью, ведь могут быть единичные случаи, где одна система, которую мы оценим хуже, может показать результаты лучше в отдельных кейсах.

Обсуждение

В данной работе рассмотрены следующие системы: R-Vision TIP, Anomali Threat Intelligence Platform, Cisco Threat Intelligence Director, Your Everyday Threat Intelligence, Malware Information Sharing Platform.

R-Vision TIP – это централизованная платформа для работы с данными об угрозах информационной безопасности, которая предназначена для сбора, обработки, хранения и анализа данных об угрозах, а также для использования этой информации для выявления и блокировки угроз, реагирования на инциденты и проведения расследований. R-Vision TIP поддерживает работу с коммерческими и бесплатными источниками информации, а также с данными от ФинЦЕРТ. Продукт автоматически собирает данные из всех подключенных источников, нормализует и дедуплицирует их, приводит к единой модели представления для более удобного и эффективного анализа [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

R-Vision TIP не только собирает индикаторы угроз, но также подгружает отчёты, информацию об уязвимостях и вредоносных программах, анализирует взаимосвязи между индикаторами, предоставляя полную картину угрозы. Продукт также интегрируется с внешними сервисами, такими как VirusTotal, Shodan, RiskIQ, Whois и другими, чтобы обогатить индикаторы дополнительным контекстом. Обработанные и отсортированные данные могут быть автоматически выгружены во внутренние средства защиты для быстрой блокировки угроз, поддерживая оборудование от производителей, таких как Cisco, Palo Alto Networks, Check Point и других. Кроме того, продукт обеспечивает мониторинг индикаторов в событиях SIEM (QRadar и ArcSight) для обеспечения текущего и ретроспективного анализа, и создания оповещений в случае обнаружения угроз. Наконец, в R-Vision TIP можно автоматизировать

все операции, связанные с индикаторами компрометации, от сбора до блокировки средствами защиты (рис. 1).

Названия	Оценка	Описание
Сбор данных	4	R-Vision TIP может работать с Kaspersky, Group-IB, IBM X-Force Exchange, AT&T Cybersecurity, ФинЦЕРТ (АСОИ либо email). В настоящий момент продукт поддерживает ограниченное число интеграций «из коробки».
Агрегация и корреляция	4	В блоке «Сводка», представлены объединенные сведения разного происхождения. Нет привычной для данного класса продуктов возможности построения графов взаимосвязей
Анализ и оценка	5	Возможность работы не только с индикаторами компрометации, но и с более полной картиной угроз — отчетами, вредоносным программным обеспечением, уязвимостями.
Интеграция с SIEM	4	R-Vision TIP с SIEM-системами QRadar и ArcSight, за счет которой осуществляется мониторинг индикаторов компрометации в событиях безопасности и формирование оповещений в случае обнаружения
Управление угрозами	4	Отсутствуют разграничения по уровням конфиденциальности данных (TLP), а также механизм обмена данными TI между участниками отраслевых или корпоративных сообществ.

Рисунок 1 – R-Vision TIP краткий итог

Anomali Threat Intelligence Platform является сервисом по поиску и обмену информацией об угрозах информационной безопасности. Основные два функционала данного сервиса – это Stream и Match.

Stream – это функция в Anomali, которая помогает упростить процесс анализа угроз, предоставляя централизованную платформу для сбора, анализа и обмена информацией об угрозах. Платформа позволяет группам безопасности получать доступ и использовать широкий спектр источников информации об угрозах, включая информацию из открытых источников, каналы коммерческой информации и проприетарные источники информации.

Anomali Match – это функция платформы Anomali Threat Intelligence Platform, которая принимает данные от Stream, что позволяет организациям быстро и точно выявлять угрозы информационной безопасности и реагировать на них, также сопоставляя свою сетевую активность с всеобъемлющей и постоянно обновляемыми источниками данных индикаторов угроз. Платформа интегрируется с различными инструментами безопасности, включая брандмауэры, системы обнаружения вторжений и системы управления информацией и событиями безопасности (SIEM), для сбора данных о сети и безопасности в режиме реального времени. Затем собранные данные автоматически сопоставляются с индикаторами угроз в базе данных Anomali для выявления потенциальных угроз.

Anomali Match предоставляет организациям полезную информацию об угрозах, включая источник, тактику, методы и процедуры (TTP), используемые злоумышленником, что позволяет специалистам по безопасности быстро понять природу угрозы и принять соответствующие меры для ее устранения. Платформа также предоставляет возможность создавать настраиваемые каналы информации об угрозах и сотрудничать с другими организациями для обмена и получения информации об угрозах, что еще больше повышает точность и эффективность обнаружения угроз и реагирования на них **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Из вышеприведенной информации можно выделить следующие преимущества платформы Anomali Threat Intelligence Platform:

- Автоматизированный анализ и расставление приоритетов для угроз информационной безопасности;
- Настраиваемые информационные панели и отчеты для повышения прозрачности данных об угрозах;
- Функции совместной работы для обмена информацией об угрозах между командами и отделами (рис. 2).

Названия	Оценка	Описание
Сбор данных	5	Интегрируется с источниками журналов (Syslog, SIEM, AWS S3, NetFlow / sFlow) и другими системами для обмена информацией и сохраняет записи протоколов за последний год или более, не допуская дублирования.
Агрегация и корреляция	5	ThreatStream накапливает аналитические данные об угрозах из бесплатных и сторонних источников через Anomali APP Store, а затем обрабатывает эти сведения, обогащает их, добавляет контекст и сопоставляет с ними индикаторы компрометации.
Анализ и оценка	5	Компонент постоянно анализирует исторические данные на предмет новых и существующих угроз безопасности, выявляя уязвимости.
Интеграция с SIEM	5	При обнаружении представляющих интерес индикаторов Anomali Match может автоматически отправлять уведомления в SIEM или IRP для соответствующего реагирования.
Управление угрозами	4	Есть возможность загружать IOC'и и связывать их. Можно загружать только до 20000 IOC'овы

Рисунок 2 – Anomali Threat Intelligence Platform краткий итог

EclecticlQ Threat Intelligence еще одна интересная зарубежная система Threat Intelligence. Платформа EclecticlQ Threat Intelligence разработана для содействия в кооперации между аналитиками информационной безопасности с помощью набора процессов в едином рабочем пространстве. Это позволяет командам по реагированию на инциденты (SOC, CERT и так далее) быстро получать полезную и релевантную информацию об угрозах, взаимодействовать с другими аналитиками, обновлять инструменты управления безопасностью и обмениваться информацией. Платформа включает в себя следующие компоненты: функциональный API для интеграции входящих и исходящих данных, систему оповещений на основе политик, расширенной логики поиска и матриц корреляции для сетевых графов, модули для создания различных отчетов, а также инструменты поиска и визуализации для обнаружения скрытых корреляций между большими наборами данных. Платформу можно реализовать в виде локальной инфраструктуры заказчика (on-premise), облачного решения или гибридной конфигурации **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Основные преимущества платформы включают расширение возможностей аналитиков информационной безопасности и улучшение их действий благодаря единому рабочему пространству, позволяющему анализировать угрозы в режиме реального времени, обмениваться информацией об угрозах между заинтересованными сторонами и существующими средствами безопасности через API, обмениваться данными между различными участниками Threat Intelligence на основе форматов STIX и TAXII, а также релевантную сортировку данных для фокусировки на наиболее актуальных угрозах **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Платформа также позволяет строить графы связей между индикаторами компрометации и внутренними артефактами, позволяющими просматривать связи между сущностями на основе их общих характеристик, что помогает поместить каждый фрагмент информации в правильный контекст (рис. 3).

Названия	Оценка	Описание
Сбор данных	4	С помощью API производится обмен информацией, связанной с угрозами, между существующими средствами защиты.
Агрегация и корреляция	3	Дает возможность связывать инциденты.
Анализ и оценка	5	расширение возможностей аналитиков информационной безопасности и повышение эффективности их действий за счёт единого рабочего пространства, позволяющего проводить анализ угроз в режиме реального времени
Интеграция с SIEM	5	Система отправляет запросы в режиме реального времени в SIEM
Управление угрозами	4	Поддерживается построение графов связей индикаторов компрометации и внутренних артефактов

Рисунок 3 – EclecticlQ Threat Intelligence краткий итог

Your Everyday Threat Intelligence (YETI) – это платформа анализа угроз с открытым исходным кодом, созданная Rapid7, ведущей компанией в области кибербезопасности. YETI был создан с целью предоставить организациям бесплатное решение с открытым исходным кодом для управления, анализа и обмена информацией об угрозах. Платформа позволяет организациям собирать, хранить и анализировать различные типы данных об угрозах из различных источников, включая каналы с открытым исходным кодом и коммерческие разведывательные данные, внутренние системы и отдельных экспертов. YETI предоставляет централизованный репозиторий данных об угрозах, упрощая организациям обмен информацией и совместную работу над угрозами безопасности. Платформа также оснащена мощным аналитическим механизмом, который может помочь организациям выявлять тенденции и закономерности в своих данных, предоставляя ценную информацию о потенциальных угрозах безопасности **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

YETI поддерживает различные варианты интеграции, что позволяет легко интегрировать его с другими инструментами и платформами, используемыми организациями. Например, YETI интегрируется с системами управления информацией и событиями безопасности (SIEM), такими как ELK Stack, для предоставления аналитикам информации об угрозах в режиме реального времени. YETI также интегрируется с платформами аналитики угроз, такими как TheHive, чтобы обеспечить централизованное место для хранения и анализа данных аналитики угроз. Кроме того, YETI можно интегрировать с другими инструментами безопасности, такими как брандмауэры, системы обнаружения вторжений (IDS) и системы предотвращения вторжений (IPS), для предоставления этим инструментам полезных данных об угрозах и повышения их общей безопасности **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Открытый исходный код YETI позволяет организациям настраивать платформу в соответствии со своими конкретными потребностями и интегрировать ее в существующую инфраструктуру безопасности. Это означает, что пользователи могут просматривать, изменять и даже расширять исходный код платформы, что делает ее более гибкой и подходящей для решения конкретных задач в рамках организации. Однако, открытый исходный код может представлять собой проблему для некоторых организаций, так как требует большего времени и усилий для поддержки и обновления.

Одним из преимуществ YETI является ее цена, так как это проект с открытым исходным кодом, он может быть бесплатным или стоить гораздо меньше, чем коммерческие платформы. Также YETI поддерживает множество форматов данных, включая STIX, TAXII и CybOX (рис. 4).

Названия	Оценка	Описание
Сбор данных	5	YETI предназначена для сбора, централизованного хранения и обогащения данных об угрозах и индикаторах компрометации из различных источников.
Агрегация и корреляция	3	Дает возможность связывать инциденты.
Анализ и оценка	1	Не производит анализ и оценку на уровне системы. Позволяет аналитикам информационной безопасности сосредоточиться на работе с инцидентами (реагирование, расследование и т.д.)
Интеграция с SIEM	1	Позволяет экспортировать данные в определяемые пользователем форматы для дальнейшей передачи другим инструментам наподобие SIEM.
Управление угрозами	4	Визуализация отношений между различными угрозами безопасности и индикаторами компрометации.

Рисунок 4 – Your Everyday Threat Intelligence краткий итог

Следующая платформа TI с открытым исходным кодом – Malware Information Sharing Platform (MISP), она разработана командой экспертов в области информационной безопасности в Европейском институте цифровых систем и прав (European Institute of

Computer Antivirus Research) в 2013 году. Она была разработана с целью улучшения обмена информацией об угрозах между участниками сообщества информационной безопасности.

MISP используется государственными и коммерческими организациями, а также агентствами по защите информации во всем мире. Она может интегрироваться с различными инструментами, такими как антивирусные программы, фаерволы, платформы SIEM и другие платформы обмена информацией об угрозах. Это позволяет организациям использовать информацию об угрозах, полученную от других участников сообщества, для улучшения своей защиты.

Malware Information Sharing Platform (MISP) имеет возможность интегрироваться с другими платформами, такими как:

- Open source системы обнаружения вторжений (IDS), такие как Suricata и Snort;
- Антивирусные программы, такие как ClamAV и McAfee;
- Системы контроля за соблюдением политик, такие как Palo Alto Networks и FortiGuard Labs;
- Системы контроля за безопасностью сети, такие как SIEM;
- Различные веб-службы, такие как аналитические службы, которые можно использовать вместе с MISP [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Интеграция с другими платформами позволяет обеспечить более глубокое и точное мониторинг сети и обеспечить быстрый и эффективный ответ на возможные угрозы (рис. 5).

Названия	Оценка	Описание
Сбор данных	4	Встроенные возможности совместного использования для упрощения обмена данными
Агрегация и корреляция	3	построение графа событий для создания и просмотра отношений между индикаторами компрометации и атрибутами
Анализ и оценка	1	Не производит анализ и оценку на уровне системы.
Интеграция с SIEM	3	Возможность автоматического обмена и синхронизации с другими сторонами
Управление угрозами	4	Построение графа событий для создания и просмотра отношений между индикаторами компрометации и атрибутами

Рисунок 5 – Malware Information Sharing Platform краткий итог

Заключение

В результате анализа различных систем Threat Intelligence, можно сделать вывод о том, что каждая из них имеет свои уникальные особенности, преимущества и недостатки. Каждая система предназначена для определенных сценариев использования, и правильный выбор зависит от конкретных потребностей и характеристик организации.

R-Vision TIP выделяется своей эффективностью в обнаружении угроз и интеграцией с различными средствами безопасности. Anomali Threat Intelligence Platform предоставляет широкий набор данных и акцентирует внимание на раннем обнаружении угроз. Cisco Threat Intelligence Director отличается высокой производительностью и надежностью, что делает его подходящим для критически важных систем.

EclecticIQ Threat Intelligence обеспечивает гибкость и масштабируемость, что делает его идеальным выбором для крупных организаций. Your Everyday Threat Intelligence, с фокусом на пользовательской дружелюбности, может быть предпочтителен для небольших предприятий. Malware Information Sharing Platform подчеркивает важность обмена информацией о вредоносных программах между сообществами.

В зависимости от конкретных потребностей организации, необходимо оценить интеграцию, совместимость, масштабируемость и производительность каждой системы. Рекомендуется также учитывать возможности адаптации к изменяющимся угрозам и будущим требованиям безопасности.

Исходя из данного анализа, рекомендуется принимать во внимание уникальные особенности каждой системы, чтобы обеспечить эффективное реагирование на современные

угрозы информационной безопасности и обеспечить безопасность информационных ресурсов.

Список литературы

1. M. Lee Cyber Threat Intelligence / M. Lee; Wiley, 2023. – 304 p.
2. Ozkaya E. Practical Cyber Threat Intelligence: Gather, Process, and Analyze Threat Actor Motives, Targets, and Attacks with Cyber Intelligence Practices / E. Ozkaya, 2022.
3. Moore R.O. III Cyber Intelligence-Driven Risk / R.O. Moore; Wiley, 2020. – 192 p.
4. Cyber A.R. Threat Intelligence / A.R. Cyber; Apress, 2021. – 207 p.
5. Hunting V.T. Cyber Criminals / V.T. Hunting; Wiley, 2020. – 58 p.
6. Cloutier M. OSINT for Cybersecurity / M. Cloutier; Draft2digital, 2023.
7. Anomali Threat Intelligence Platform // URL: <https://www.anti-malware.ru/products/anomali-threat-intelligence-platform> (дата обращения: 04.03.2023).
8. Обзор рынка платформ и сервисов киберразведки (Threat Intelligence) в России и в мире // URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/Threat-Intelligence (дата обращения: 01.03.2023).
9. Краткий анализ рынка Threat Intelligence Platforms // URL: <https://blog.volgablob.ru/?p=1842> (дата обращения: 08.12.2023).
10. Skillicorn D.B. Uwe Glässer Open Source Intelligence and Cyber Crime / D.B. Skillicorn, M.A. Tayebi; Springer International Publishing, 2020. – 251 p.
11. Martinez R. Incident Response with Threat Intelligence / R. Martinez; Packt Publishing, 2022. – 468 p.
12. Bou-Harb E. Cyber Threat Intelligence for the Internet of Things / E. Bou-Harb, N. Neshenko; Springer International Publishing, 2020. – 89 p.

References

1. M. Lee Cyber Threat Intelligence / M. Lee; Wiley, 2023. – 304 r. (In English).
2. Ozkaya E. Practical Cyber Threat Intelligence: Gather, Process, and Analyze Threat Actor Motives, Targets, and Attacks with Cyber Intelligence Practices / E. Ozkaya, 2022. (In English).
3. Moore R.O. III Cyber Intelligence-Driven Risk / R.O. Moore; Wiley, 2020. – 192 r. (In English).
4. Cyber A.R. Threat Intelligence / A.R. Cyber; Apress, 2021. – 207 r. (In English).
5. Hunting V.T. Cyber Criminals / V.T. Hunting; Wiley, 2020. – 58 r. (In English).
6. Cloutier M. OSINT for Cybersecurity / M. Cloutier; Draft2digital, 2023. (In English).
7. Anomali Threat Intelligence Platform // URL: <https://www.anti-malware.ru/products/anomali-threat-intelligence-platform> (data obrashcheniya: 04.03.2023). (In Russian).
8. Obzor rynka platform i servisov kiberrazvedki (Threat Intelligence) v Rossii i v mire // URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/Threat-Intelligence (data obrashcheniya: 01.03.2023). (In Russian).
9. Kratkii analiz rynka Threat Intelligence Platforms // URL: <https://blog.volgablob.ru/?p=1842> (data obrashcheniya: 08.12.2023). (In Russian).
10. Skillicorn D.B. Uwe Glässer Open Source Intelligence and Cyber Crime / D.B. Skillicorn, M.A. Tayebi; Springer International Publishing, 2020. – 251 r. (In English).
11. Martinez R. Incident Response with Threat Intelligence / R. Martinez; Packt Publishing, 2022. – 468 r. (In English).
12. Bou-Harb E. Cyber Threat Intelligence for the Internet of Things / E. Bou-Harb, N. Neshenko; Springer International Publishing, 2020. – 89 r. (In English).

Т.М. Мехдиев, А.К. Шайханова*, Г.Б. Бекешова

Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Сәтпаев көшесі, 2
*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

ҚАУІП-ҚАТЕРДІ БАРЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ

Threat Intelligence (TI) – бұл ұйымдардың қауіпсіздігін арттыру үшін қолданылатын ақпараттық қауіпсіздікке төнетін немесе пайда болатын қауіптер туралы ақпарат. TI жүйелері

өртүрлі көздерден, соның ішінде ашық көздерден, жабық көздерден және серіктестер мен клиенттерден алынған деректерді жинайды және талдайды. Ті жүйелерін талдау-бұл жүйелердің деректерді жинау мен талдаудағы тиімділігін бағалау және ақпараттық қауіпсіздік шешімдерін қабылдау үшін пайдалы ақпарат беру процесі. Ақпараттық қауіпсіздікке төнетін қатерлер барған сайын күрделене түсетін қазіргі цифрлық әлемде Threat Intelligence (TI) жүйелерін талдау ақпараттық ресурстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды болып табылады. Threat Intelligence-ақпараттық қауіпсіздікке төнетін қатерлерді анықтауға бағытталған ақпараттық қауіпсіздік қатерлері туралы деректерді жинау, талдау және түсіндіру процесі. Бұл тұрғыда TI жүйелерін талдау қауіптерді тиімді түсінудің және олардың алдын алу шараларын қабылдаудың маңызды құралы болып табылады.

Бұл мақалада Threat Intelligence жүйелерін талдаудың ерекшеліктері, артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. Мысалы, TI талдауын интрузияны анықтау жүйесінің (IDS) тиімділігін бағалау үшін пайдалануға болады. Талдау IDS шабуылдарының қандай түрлерін анықтай алатынын және қайсысын анықтай алмайтынын анықтай алады. Талдау нәтижелеріне сүйене отырып, IDS жүйесін жаңарту қажеттілігі немесе қосымша қорғаныс шараларын қосу туралы шешім қабылдауға болады.

Түйін сөздер: Қауіптер туралы, ашық көздер, ақпараттық қауіпсіздік, ақпаратты талдау, Ақпараттық қауіпсіздік қатерлері.

T.M. Mekhdiiev, A.K. Shaikhanova*, G.B. Bekeshova
L.N. Gumilyov Eurasian National University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev Str., 2
*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

ANALYSIS OF THREAT INTELLIGENCE SYSTEMS

Threat Intelligence (TI) is information about current or emerging threats to information security that is used to enhance the protection of organizations. TI systems collect and analyze data from various sources, including open sources, closed sources, as well as data obtained from partners and clients. Analysis of TI systems is the process of evaluating the effectiveness of these systems in data collection and analysis, as well as in providing useful information for decision-making in the field of information security. In the modern digital world, where information security threats are becoming increasingly complex and sophisticated, the analysis of Threat Intelligence (TI) systems is becoming crucial for ensuring the security of information resources. Threat Intelligence is the process of collecting, analyzing, and interpreting data on information security threats aimed at identifying threats to information security. In this context, the analysis of TI systems serves as an important tool for effectively understanding threats and taking measures to prevent them. This article is dedicated to examining the features, advantages, and disadvantages of Threat Intelligence system analysis. For example, TI analysis can be used to evaluate the effectiveness of an intrusion detection system. (IDS). Analysis can identify which types of attacks an IDS can detect and which it cannot. Based on the analysis results, a decision can be made regarding the need to upgrade the IDS system or to add additional protective measures.

Key words: Threat Intelligence, open sources, information security, information analysis, information security threats.

Сведения об авторах

Тураджд Мехманоглы Мехдиев – магистрант 2-го курса; специальность информационной безопасности; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; Республика Казахстан; e-mail: mehdiiev.t@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6771-1584>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – профессор кафедры информационной безопасности; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; Республика Казахстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Гульвира Бауржановна Бекешова – старший преподаватель кафедры информационной безопасности Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Казахстан; e-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>.

Авторлар туралы мәліметтер

Тураджд Мехманоглы Мехдиев – 2 курс магистрант; ақпараттық қауіпсіздік мамандығы; Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: mehdiiev.t@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6771-1584>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессор; Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Гульвира Бауржановна Бекешова – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің аға оқытушысы, Қазақстан; e-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>.

Information about the authors

Turaj Mehmanogly Mehdiyev – 2st year master's degree; specialty of information security; Eurasian National University named after L.N. Gumilyov; The Republic of Kazakhstan; e-mail: mehdiyev.t@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6771-1584>.

Aigul Kairulayevna Shaykhanova – professor of the department of Information Security; Eurasian National University named after L.N. Gumilyov; Republic of Kazakhstan; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Gulvira Baurzhanovna Bekeshova – Senior Lecturer, L.N.Gumilev Eurasian National University, Kazakhstan; e-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>.

Поступила в редакцию 17.10.2024

Поступила после доработки 21.10.2024

Принята к публикации 22.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-8](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-8)



МРНТИ: 81.93.29



А.Б. Какенова*, Б.К. Абдураимова, С.А. Сантеева
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010008, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2
*e-mail: akakenova1001@gmail.com

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ПОШТА АРҚЫЛЫ ФИШИНГТІК ШАБУЫЛДАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа: Бұл мақалада электрондық пошта арқылы фишингтік шабуылдардың қазіргі проблемалары мен жойқын әсерлері қарастырылады. Ұйымдарды деректердің бұзылуынан және ықтимал апатты салдардан қорғау үшін алдын алу шараларының маңыздылығы атап өтілді. Фишингтік шабуылдардың негізгі түрлері және тәуекелдерді тиімді азайту үшін жасанды интеллект (AI) негізіндегі шешімдерді енгізу қажеттілігі сипатталған. Жұмыста жасанды интеллект пен машиналық оқытуды қолдана отырып, фишингтің алғашқы белгілерін тану әдістері қолданылды. Әзірлеу үшін Python және Google Colab қолданылды, бұл деректерді тиімді талдауға және модельдерді оқытуға мүмкіндік берді. Ерекше әдістерді әзірлеуге және заманауи бағдарламалық жасақтаманы пайдалануға ерекше назар аударылды. Зерттеу нәтижесінде фишингтік шабуылдарды танудағы AI құралдарының жоғары тиімділігін растайтын деректер алынды. AI технологиялары фишингті анықтаудың дәлдігін едәуір арттырды және жаңа киберқауіптерге бейімделуді қолдады. Талдау көрсеткендей, AI қолдану шабуылдарды уақтылы анықтауға ғана емес, сонымен қатар алдын алу стратегияларын жасауға мүмкіндік береді. Нәтижелердің практикалық маңыздылығы-әзірленген әдістерді қолданыстағы қауіпсіздік жүйелеріне біріктіру мүмкіндігі. Жұмыс ақпаратты тұрақты қорғауды құру үшін технологиялық жетістіктер мен ұйымдастырушылық тәжірибелерді біріктіретін стратегиялық тәсілді ұсынады.

Түйін сөздер: спам, фишинг, ақпараттық қауіпсіздік, машиналық оқыту, сүзу, әдістер, қорғау, қиындықтар.

Кіріспе

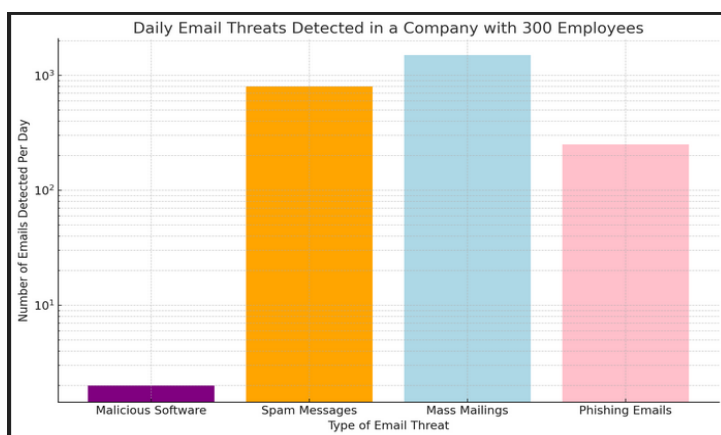
Электрондық пошта фишингі-бұл алаяқтық әдісі, онда жіберушілер өз хабарламаларын заңды сұраулар ретінде жасырады, олардың мақсаты алушылардың жеке мәліметтерін алу үшін алдау болып табылады. Жәбірленушілер қауіп-қатерден бейхабар болып, сақтандыру полистерін, банктік шоттар және әлеуметтік сақтандыру деректер сияқты құпия ақпаратты

ұсынады. Бұл шабуылдар бүкіл әлемдегі кәсіпорындарға таралатын және олардың талғампаздығын көрсететін ұйымдар үшін айтарлықтай қауіп төндіреді.

Электрондық пошта арқылы фишингтік науқандар олардың ықтимал жойқын салдарын ескере отырып, үлкен қауіп ретінде қарастырылады. Қаржылық шығындар айсбергтің шыңы ғана; терең шығындар маңызды ақпараттың ағып кетуін қамтиды, компанияны айтарлықтай заңды тәуекелдерге ұшыратады және клиенттердің сеніміне нұқсан келтіреді. Бұл корпоративтік поштаны фишингтік шабуылдардан қорғау үшін кешенді шараларды енгізу қажеттілігін көрсетеді [1].

Электрондық поштаны талдауға негізделген фишингтік шабуылдардың статистикасы мен ауқымы.

Жаңа өнімді шығаруға дайындық жұмыстары аясында Kaspersky Lab сарапшылары үш миллионнан астам электрондық поштаны талдады. Талдау нәтижесінде зиянды бағдарламалық жасақтаманың 800-ге жуық данасы, 60 мың спам-хабарлама, 110 мың жаппай пошта және 20 мың фишингтік хат табылды. Иллюстрация үшін біз күніне орта есеппен 40 мың хабарлама алатын 300 адамнан тұратын компаниядағы жағдайды ұсынылған. Бұл электрондық поштаны пайдаланудың шамамен 2,5 айында аталған үш миллион электрондық пошта жиналғанын білдіреді. Бір жұмыс күні ішінде, мұндай компания 800 спам-хабарламамен, шамамен 1500 жаппай жіберіліммен және 250-ден астам фишингтік хаттармен бетпе-бет келеді, зиянды бағдарлама анықталған 1-2 жағдайды айтпағанда, мұның бәрі пошта Office 365-ке енгізілген қорғаныс құралдарымен сүзілгеннен кейін пайда болады, олар кездейсоқ 3,9% қажетті хаттар жояды, оларды зиянды деп қателескен аналитикасын сурет 1-де көрсетілген.



Сурет 1 – Kaspersky Lab аналитикасы

Жасанды интеллектті оқыту: әдістері мен алгоритмдері

Жасанды интеллект (AI) тренингі-бұл машинаның деректер мен ережелер жиынтығын қолдана отырып, белгілі бір тапсырмаларды орындауды меңгеру процесі. Оқытудың әртүрлі әдістері мен алгоритмдері мәліметтерден ақпарат алуға және негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді [2]. Бұл мақалада біз AI оқытудың негізгі әдістері мен алгоритмдерін қарастырылады, сонымен қатар оларды Python-да қолдануға мысалдар келтіріледі.

Мұғаліммен оқыту (Supervised Learning) әдісі модельді оқыту үшін орналастырылған деректерді (мысалы, жіктелген кескіндер) пайдалануды қамтиды. Алгоритмдердің мысалдарына сызықтық регрессия, логистикалық регрессия және шешім ағаштары жатады[2]. Бұл әдіс жіктеу, регрессия және болжау есептері үшін қолданылады. Python-дағы мысалы сурет 2 – сызықтық регрессия көрсетілген.

Мұғалімсіз оқыту әдісі тегтерсіз деректерді талдау үшін қолданылады (мысалы, жіктелмеген кескіндер). Алгоритмдердің мысалдарына кластерлеу, негізгі компоненттерді талдау және факторлық талдау жатады. Бұл әдіс деректер құрылымын анықтау, ауытқуларды анықтау және деректерді қысу үшін қолданылады.

Белсенді оқыту әдісі модельге қазіргі білімі негізінде оқу үшін деректерді өз бетінше таңдауға мүмкіндік береді. Алгоритмдердің мысалдарына ең Ақпараттық нүктелерді таңдау

және модельді қолдану әдістері жатады. Бұл әдіс деректерді жинауға және өңдеуге уақыт пен ресурстарды үнемдейді. Python-дағы мысал сурет 3 Modal модульдік кітапханасын қолдана отырып белсенді оқыту көрсетілген.

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import pandas as pd

# Uploading data
data = pd.read_csv('data.csv')
X = data[['feature1', 'feature2']]
y = data['target']

# Separation of data into training and test data
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Creating and training a model
model = LinearRegression()
model.fit(X_train, y_train)

# Prediction and evaluation of the model
y_pred = model.predict(X_test)
print("Mean Squared Error:", mean_squared_error(y_test, y_pred))
```

Сурет 2 – Сызықтық регрессия функциясы

```
[ ] from sklearn.datasets import make_classification
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from modal.models import ActiveLearner
from modal.uncertainty import uncertainty_sampling

# Creating synthetic data
X, y = make_classification(n_samples=1000, n_features=20, n_informative=2, n_redundant=2, random_state=42)

# Separation of data into training and test data
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Initializing an active student
learner = ActiveLearner(
    estimator=RandomForestClassifier(),
    query_strategy=uncertainty_sampling,
    X_training=X_train, y_training=y_train
)

# Training the model on the initial data set
learner.fit(X_train, y_train)

# Sampling new training data
query_idx, query_instance = learner.query(X_test)
learner.teach(X_test[query_idx].reshape(1, -1), y_test[query_idx].reshape(1, ))

#Evaluation of the model
print("Model accuracy:", learner.score(X_test, y_test))
```

Сурет 3 – Modal модульдік кітапханасын қолдана отырып белсенді оқыту

AI оқыту деректерден білім алу үшін әртүрлі әдістер мен алгоритмдерді пайдаланады. Әдісті таңдау тапсырма түріне, деректер көлеміне және қол жетімді ресурстарға байланысты. Айта кету керек, AI-ді оқыту тек осы әдістермен ғана шектелмейді және үнемі жаңа әдістер мен алгоритмдер жасалуда[3].

Электрондық пошта мекенжайларын жіктеуге арналған машиналық оқыту алгоритмдері

Жасанды интеллектке негізделген электрондық поштаны сүзу жүйелері негізінен машиналық оқыту алгоритмдерінің екі түрін пайдаланады. Бұл мұғаліммен машиналық оқытудың жіктеуіштері және мұғалімсіз машиналық оқыту алгоритмдері. Бақыланатын машиналық оқыту классификаторларын маркетингтік электрондық пошталар, іскери байланыстардағы маңызды электрондық хаттар, қаржы институттарының шынайы хаттары, спам-хабарламалар және фишингтік хаттар сияқты әртүрлі санаттарға тән электрондық пошта сипаттамаларын автоматты түрде анықтауға үйретуге болады [4]. Қолмен жасалған ережелерге тәуелді дәстүрлі ережелерге негізделген электрондық пошта сүзгілерінен айырмашылығы, бақыланатын жіктеуіштер фишингтік хаттардың жаңа мысалдарын зерттей отырып, спам мен фишингтің жаңа тенденцияларына үнемі бейімделіп отырады.

Екінші жағынан, машиналық оқытудың бақыланбайтын алгоритмдерін заңды электрондық поштаның профилін жасау үшін пайдалануға болады. Бұл әдістер пайдаланушы мен бизнестің мінез-құлқы мен өзара әрекеттесуіне негізделген электрондық пошта

профильдерін құру арқылы жұмыс істейді. Олар негізінен ішкі қауіптерді анықтау үшін қолданылады.

Электрондық пошта мекенжайларын жіктеуге арналған машиналық оқыту алгоритмдері ақпараттық қауіпсіздікті нығайтуда аса маңызды роль атқарады. Жіктеуіштерді дамыту барысында бақыланатын машиналық оқыту модельдері үлгілерді тану және сараптау арқылы фишингтік және спам хаттарды анықтайды. Осындай модельдер адам қолымен белгіленген электрондық пошталардан үйренеді және қауіп төндіретін хаттардың жаңа үлгілерін ажырата алады. Бұлардың көмегімен, спамның жаңа нұсқаларына бейімделуге және қолданушыларға бағытталған шабуылдарды болдырмауға мүмкіндік туады[5].

Бақыланбайтын оқыту алгоритмдері пайдаланушының өзара әрекеттесуі мен электрондық поштаның мазмұнын талдау арқылы, ішкі қауіптерді анықтау үшін электрондық поштаның өздігінен дамитын профилін құрады. Мұндай профильдер қолданушылардың әдеттегі хат алмасу өрнектерінен ауытқуларды байқап, аномалияларды тез анықтауға көмектеседі.

Ақпараттық қауіпсіздікті күшейту стратегиясы ретінде, жасанды интеллект және машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану үшін әртүрлі тәсілдер мен модельдерді біріктіру қажет. Нейрондық желілер, шешім ағаштары, логистикалық регрессия және тағы басқалар сияқты әдістерді қолдану арқылы, жүйе қауіпті хаттардың әртүрлі сипаттамаларын тануға үйренеді. Осы машиналық оқыту әдістерінің артықшылығы – олардың өзгермелі мәліметтерге бейімделуі, жаңа түрдегі шабуылдар мен спам әдістерін тез анықтауы және қолданушылардың әрекеттерінен үлгілерді шығара алуы. Осы қасиеттердің барлығы электрондық пошталардың сүзгілеу жүйесінің тиімділігін арттырады. Көптеген жағдайларда, бұл алгоритмдер белгілі бір мәліметтер жиынтығына тәуелсіз жұмыс істейді, бұл оларды әмбебап. Қазіргі заманғы электрондық пошта сүзгілерінің қабілеттілігі ақпараттық қауіпсіздігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Бақыланатын машиналық оқыту алгоритмдері және бақыланбайтын әдістер ақпараттың ағып кетуі мен киберқауіпсіздіктің басқа да қатерлеріне қарсы күресуде негізгі құралға айналууда. Бұл жүйелердің арқасында, ұйымдар спаммен, вирустармен және басқа да зиянды бағдарламалармен күресуде белсенді түрде әрекет ете алады, өз қызметкерлерінің ақпараттық қауіпсіздік мәдениетін нығайтады [6].



Сурет 4 – Желі архитектурасы

Хабарламаларды бақылау және спамды сүзу үшін жасанды интеллект құру бірнеше қадамдарды қамтиды. Біріншіден, желі архитектурасына сүйеніп, база құрылады, бұл сурет 4 – Желі архитектурасы көрсетілген. Міне, жалпы процесс:

– Деректерді жинау: «Спам» және «спам емес» белгілері бар деректерді жиналады. Бұл деректер мәтіндік хабарларды, электрондық пошталарды және басқа хабар түрлерін қамтуы мүмкін.

– Деректерді өңдеу: қажет емес таңбаларды, HTML тегтерін және басқа қоқыстарды жою арқылы деректерді тазалайды. Мәтінді сандық форматқа түрлендіріледі, мысалы, TF-IDF

(term Frequency-Inverse Document frequency) әдістері немесе сөз векторлары (Word Embeddings).

- Деректерді бөлу: деректерді оқу және сынақ үлгілеріне бөлінеді (сурет 5 – Фишингтік шабуылдарды анықтау функциясы).

- Модель құру: логистикалық регрессия, шешім ағаштары, кездейсоқ ормандар немесе нейрондық желілер сияқты жіктеу үшін машиналық оқыту алгоритмін таңдалады. Модельді деректерді оқыту үлгісінде оқытылады.

- Модельді бағалау: сынақ үлгісіндегі модельді дәлдік, толықтық, F1 өлшемдері және басқаларын пайдаланып бағаланады.

- Мониторинг жүйесін әзірлеу: электрондық пошта қызметімен немесе мессенджермен біріктірілетін жүйені енгізіледі. Спам ретінде жіктелген хабарламалар спам қалтасына көшіріледі [7].

Мұндай жүйені нақты электрондық пошта қызметтерімен немесе мессенджерлермен біріктіру үшін сізге осы қызметтердің API интерфейстерін пайдалану қажет болады. Мысалы, Gmail үшін бұл Google API, Telegram үшін – Telegram Bot API және т.б. болуы мүмкін. Фишингтік шабуылдарды анықтау функциясын қосу үшін модель құру процесіне қосымша қадамдар қосу қажет. Біз модельді спамды ғана емес, фишингтік хабарламаларды да тануға үйретіледі, сурет 5 – фишингтік шабуылдарды анықтау функциясы көрсетілген. Мұны деректерге жаңа фишинг белгісін қосу арқылы жасауға болады.

```
{x}
# Usage example
message = "Вы выиграли миллион долларов!"
classification = classify_message(message)

if classification == 'spam':
    print("Это спам!")
elif classification == 'phishing':
    print("Это фишинг!")
else:
    print("Это не спам.")

# For integration with the system
def process_messages(messages):
    results = []
    for msg in messages:
        classification = classify_message(msg)
        if classification == 'spam':
            results.append((msg, 'Перемещено в папку спам'))
        elif classification == 'phishing':
            results.append((msg, 'Перемещено в папку фишинг'))
        else:
            results.append((msg, 'Оставлено во входящих'))
    return results

# Example of processing a list of messages
messages = [
    "Поздравляем! Вы выиграли бесплатный iPhone. Перейдите по ссылке...",
    "Ваша учетная запись заблокирована. Сбросьте пароль, перейдя по ссылке...",
    "Привет, как дела?"
]

results = process_messages(messages)
for msg, action in results:
    print(f'Сообщение: "{msg}" - Действие: {action}')
```

Сурет 5 – Фишингтік шабуылдарды анықтау функциясы

```
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import classification_report, accuracy_score

# Модельді дайындау
model = LogisticRegression()
model.fit(X_train_counts, df_emails_train['label'])

# Модельді бағалау
X_test_counts = vectorizer.transform(df_emails_test['message'])
y_pred = model.predict(X_test_counts)

print(classification_report(df_emails_test['label'], y_pred))
print(f'Accuracy: {accuracy_score(df_emails_test['label'], y_pred)}')
```

Сурет 6 – Модельді оқыту және бағалау

Осы код арқылы біз деректер жиынтығын біріктіреді, оны оқыту және тестілеу үлгілеріне бөледі, бұл сурет 6 – Модельді оқыту және бағалау көрсетілген, сөздердің жиілік таралуын талдайды және логистикалық регрессияны қолдана отырып, модель дайындалады. Жиілік талдауы фишингтік хаттарда жиі қолданылатын кілт сөздерді анықтауға көмектеседі, бұл фишингті анықтау механизмдерін жақсартуға мүмкіндік береді [5].

Шешімдерді дайындау кезінде талданған нақты деректердің мысалдары.

Алдымен датасет, `pd.concat()` функциясы- python-дағы `pandas` кітапханасының бөлігі, ол `pandas` нысандарын берілген ось бойымен біріктіруге арналған. Мысалда, датасет `ham`

және датасет phish біріктірілді, бұл сурет 7 де көрсетілген. Бұл код электрондық пошта деректерінің жиынтығын оқыту және тестілеу үлгілеріне бөлуді жүзеге асырады, сонымен қатар электрондық пошта мазмұнындағы сөздердің жиіліктік таралуын талдайды. Алдымен train_test_split функциясын қолдана отырып бөлу жасалады, содан кейін тоқтату сөздерін, сондай-ақ "font" және "subject" сөздерін қоспағанда, оқу жиынтығындағы барлық сөздердің жиіліктік таралуы жасалады. Осыдан кейін фишингтік хаттар үшін сөздердің жиіліктік таралуы құрылады және ең көп кездесетін 20 сөздің графигі көрсетіледі [8].

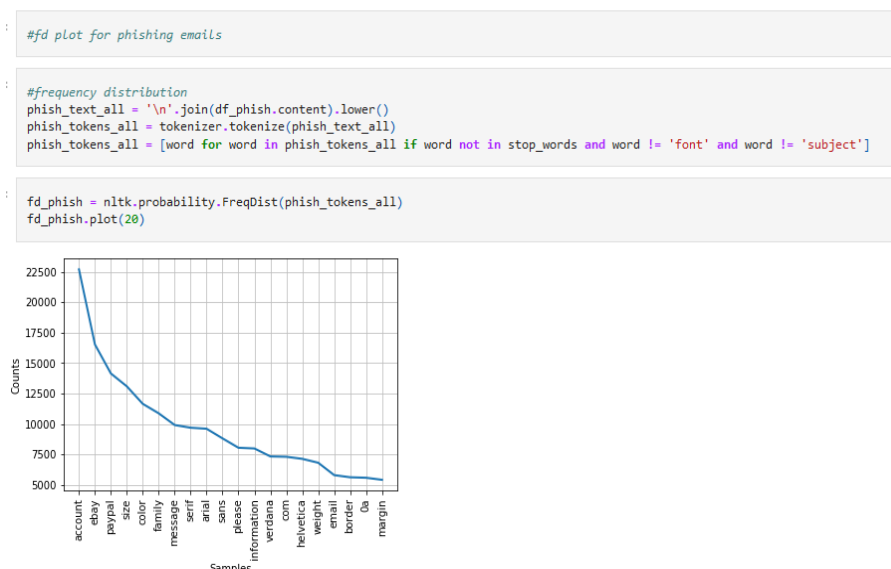
Код әрекеттерінің сипаттамасын қысқаша қайта құрайық: train_test_split функциясын қолдана отырып, df_emails электрондық поштасының деректер жиынтығы Оқу (df_email_train) және тест (df_emails_test) үлгілеріне бөлінеді, мұнда деректердің 20% тестілеуге бөлінеді. Әріптерде жиі қолданылатын сөздер туралы жалпы түсінік алу үшін тоқтату сөздері мен 'қаріп' және 'тақырып' сөздерін қоспағанда, Оқу үлгісі үшін сөздердің жиілік таралуы жасалады [9].

Код әрекеттерінің сипаттамасын қысқаша қайта құрайық: train_test_split функциясын қолдана отырып, df_emails электрондық поштасының деректер жиынтығы Оқу (df_email_train) және тест (df_emails_test) үлгілеріне бөлінеді, мұнда деректердің 20% тестілеуге бөлінеді. Әріптерде жиі қолданылатын сөздер туралы жалпы түсінік алу үшін тоқтату сөздері мен 'қаріп' және 'тақырып' сөздерін қоспағанда, Оқу үлгісі үшін сөздердің жиілік таралуы жасалады [9].

```
df_emails = pd.concat([df_ham, df_phish])
df_emails.sample(10)
```

	label	title	content
2526	ham	4010.2001-11-15.kitchen.ham.txt	Subject: org chart\ntina rode\ncassitant to da...
738	phish	377_False.txt	Subject: New email address added to your accou...
2045	phish	1528_False.txt	Subject: Account Review PayPal <\n-- hr\ndotte...
710	ham	1678.2001-07-30.williams.ham.txt	Subject: party @ miss amy 's house fri\ntwe wo...
3818	ham	0222.2001-03-16.kitchen.ham.txt	Subject: re : inland resources\ndick - great j...
200	ham	4646.2002-01-12.williams.ham.txt	Subject: start date : 1 / 12 / 02 ; hourahead ...
3030	ham	1836.2001-07-30.kitchen.ham.txt	Subject: beaver creek accommodations\ntbelow is...
1174	ham	3982.2001-11-13.kitchen.ham.txt	Subject: today 's floor meeting\ntyou may get ...
508	phish	2180_False.txt	Subject: About your account\nt You have added s...
111	phish	862_False.txt	Subject: Notification from Billing Department ...

Сурет 7 – Google Colab-та ашылған датасет



Сурет 8 – Датасетті санаттар бойынша кездесу жиіліктен бөлінген график

Фишингтік хаттар үшін (df_phish) тоқтату сөздері мен қалаусыз «қаріп» және «тақырып» сөздерін сүзгеннен кейін сөздердің жиіліктік таралуы жасалады (сурет 8. Датасетті санаттар бойынша кездесу жиіліктен бөлінген график). Жиілікті талдау нәтижелерін визуализациялау үшін фишингтік хаттарда жиі кездесетін 20 сөздің графигі жасалады. Бұл талдау фишингтік

хаттарда жиі қолданылатын кілт сөздерді анықтауға көмектеседі, бұл фишингті анықтау механизмдерін жақсартуға көмектеседі.

Қорытынды

Жасанды интеллект спамды, фишингті және басқа да зиянды шабуылдарды анықтауға және бұғаттауға арналған қуатты құралдарды ұсына отырып, заманауи поштаны сүзу жүйелерінде шешуші рөл атқарады. Машиналық оқытудың әртүрлі әдістеріне, сондай-ақ табиғи тілді өңдеу әдістеріне сүйене отырып, кіріс поштаны автоматты түрде талдауға және жіктеуге қабілетті тиімді алгоритмдер жасалады [10]. Поштаны сүзу үшін жасанды интеллектті пайдалану зиянды хабарларды анықтау және бұғаттау процесін жақсартуға, ұйымға сәтті шабуыл жасау мүмкіндігін азайтуға және электрондық поштаның өнімділігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, технологияның дамуы қауіпсіздік шараларын айналып өту әдістерін жетілдіруге әкелетінін түсіну қажет. Сондықтан сүзу алгоритмдерін үнемі жетілдіріп отыру, шабуылдардың жаңа түрлерін қадағалау және киберқауіпсіздік саласындағы өзгеріп отыратын қауіптерге бейімделу маңызды. Жалпы, поштаны сүзу үшін жасанды интеллектті қолдану киберқауіптермен күресуде және пайдаланушы деректерінің құпиялылығын қорғауда тиімді құрал болып табылады.

Болашақ бағыттар мен қиындықтар

Спам классификациясындағы айтарлықтай жетістіктерге қарамастан, шешілмеген мәселелер мен жаңа қиындықтар әлі де бар. Болашақ зерттеулердің негізгі бағыттарының бірі- нақты уақыт режимінде жұмыс істей алатын жүйелерді дамыту. Қазіргі жағдайда жіктеудің жылдамдығы мен тиімділігі, әсіресе корпоративті пайдаланушылар мен ірі ұйымдар үшін өте маңызды болады. Сонымен қатар, жүйенің функцияларын динамикалық жаңартуға назар аудару керек, бұл жүйені толығымен қайта құруды қажет етпестен спамерлердің жаңа әдістеріне бейімделуге мүмкіндік береді.

Маңызды хаттар спамға түспеуі үшін жалған позитивтерді азайту да маңызды. Жіктеудің жоғары дәлдігі контекстік талдаудың терең интеграциясын және табиғи тілді өңдеудің заманауи технологияларын қолдануды қажет ететін жалған оң нәтижелердің төмен деңгейімен бірге жүруі керек. Спамды супервайзерден бақылаусыз оқытуға жіктеу әдістерінің эволюциясы икемді, дәл және тиімді жүйелерді құруға деген ұмтылысты көрсетеді. Супервайзерлік әдістер ең сенімді және дәл болып қалса да, супервайзер емес және жартылай бақылаушы әдістер тез өзгертін жағдайлар мен қауіптерге бейімделудің жаңа мүмкіндіктерін ұсынады. Осы саладағы болашақ зерттеулер нақты уақыттағы жүйелерді жобалауға, мүмкіндіктерді динамикалық жаңартуға және спамды сүзудің неғұрлым сенімді және тиімді жүйелерін құруға мүмкіндік беретін жалған позитивтердің деңгейін төмендетуге назар аударуы керек.

Әдебиеттер тізімі

1. Абрамов И.П. Использование искусственного интеллекта в системах фильтрации электронной почты. / И.П. Абрамов, А.Ю. Бородин // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2021. – № 1(32). – С. 59-66.
2. Маленков М.Г. Защита от атак с использованием ИИ с помощью ИИ / М.Г. Маленков // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – Том 2, № 44. – с. 49-53.
3. Исаков А.А. Искусственный интеллект и расследование киберпреступлений / А.А. Исаков // Вестник науки. – 2023. – № 5(62). – С. 597-603.
4. Трофимов А.И. Использование методов искусственного интеллекта для борьбы с фишингом и спамом в электронной почте / А.И. Трофимов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2022. – № 26(1). – С. 49-55.
5. Миронов А.А. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для защиты от спама и фишинга / А.А. Миронов // Системы и инструменты информатики. – 2020. – № 30(2). – С. 57-69.
6. Sharma A. Email Spam Filtering Using Machine Learning Algorithms: A Review. / A. Sharma, R. // Gupta In Advances in Computer Vision & Image Processing. – 2021. – Vol. 2. – P. 137-145.
7. Пожогин А. Проблемы облачной почты: спам, фишинг и вредоносное ПО [электронный ресурс] <https://blog.kaspersky.kz/spam-phishing-malware/1804/>.
8. Sh.Drew, Phishing-Detection, [elektronnyj resurs] <https://github.com/shaferd/Phishing-Detection/>.

9. Кузнецов Д.А. Использование нейронных сетей для фильтрации фишинга / Д.А. Кузнецов // Журнал информационных систем. – 2023. – № 6(41). – С. 110-118.
10. Васильев Р.Н. Анализ эффективности алгоритмов классификации электронной почты / Р.Н. Васильев, И.К. Петрова // Технологии защиты информации. – 2023. – № 2(39). – С. 66-73.

References

1. Abramov I.P. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta v sistemakh fil'tratsii ehlektronnoi pochty. / I.P. Abramov, A.YU. Borodin // Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii. – 2021. – № 1(32). – S. 59-66. (In Russian).
2. Malenkov M.G. Zashchita ot atak s ispol'zovaniem II s pomoshch'yu II / M.G. Malenkov // Innovatsii. Nauka. Obrazovanie. – 2021. – Tom 2, № 44. – S. 49-53. (In Russian).
3. Isakov A.A. Iskusstvennyi intellekt i rassledovanie kiberprestuplenii / A.A. Isakov // Vestnik nauki. – 2023. – № 5(62). – S. 597-603. (In Russian).
4. Trofimov A.I. Ispol'zovanie metodov iskusstvennogo intellekta dlya bor'by s fishingom i spamom v ehlektronnoi pochte / A.I. Trofimov // Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii. – 2022. – № 26(1). – S. 49-55. (In Russian).
5. Mironov A.A. Primenenie metodov mashinnogo obucheniya i iskusstvennogo intellekta dlya zashchity ot spama i fishinga / A.A. Mironov // Sistemy i instrumenty informatiki. – 2020. – № 30(2). – S. 57-69. (In Russian).
6. Sharma A. Email Spam Filtering Using Machine Learning Algorithms: A Review. / A. Sharma, R. // Gupta In Advances in Computer Vision & Image Processing. – 2021. – Vol. 2. – R. 137-145. (In English).
7. Pozhogin A. Problemy oblachnoi pochty: spam, fishing i vredonosnoe PO [ehlektronnyi resurs] <https://blog.kaspersky.kz/spam-phishing-malware/1804/>. (In Russian).
8. Sh.Drew, Phishing-Detection, [elektronnyj resurs] <https://github.com/shaferd/Phishing-Detection/>. (In English).
9. Kuznetsov D.A. Ispol'zovanie neironnykh setei dlya fil'tratsii fishinga / D.A. Kuznetsov // Zhurnal informatsionnykh sistem. – 2023. – № 6(41). – S. 110-118. (In Russian).
10. Vasil'ev R.N. Analiz ehffektivnosti algoritmov klassifikatsii ehlektronnoi pochty / R.N. Vasil'ev, I.K. Petrova // Tekhnologii zashchity informatsii. – 2023. – № 2(39). – S. 66-73. (In Russian).

А.Б. Какенова*, Б.К. Абдураимова, С.А. Сантеева
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010008, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2
*e-mail: akakenova1001@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ФИШИНГОВЫХ АТАК ПО ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЕ

В этой статье рассматриваются текущие проблемы и разрушительные последствия фишинговых атак по электронной почте. Подчеркивается важность профилактических мер для защиты организаций от утечки данных и потенциальных катастрофических последствий. Описаны основные типы фишинговых атак и необходимость внедрения решений на основе искусственного интеллекта (ИИ) для эффективного снижения рисков. В работе использовались методы распознавания ранних признаков фишинга с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения. Для разработки использовались Python и Google Colab, что позволило эффективно анализировать данные и обучать модели. Особое внимание было уделено разработке уникальных методов и использованию современного программного обеспечения. В результате исследования были получены данные, подтверждающие высокую эффективность средств ИИ в распознавании фишинговых атак. Технологии искусственного интеллекта значительно повысили точность обнаружения фишинга и поддержали адаптацию к новым киберугрозам. Анализ показывает, что использование ИИ позволяет не только своевременно выявлять атаки, но и разрабатывать стратегии профилактики. Практическая значимость результатов заключается в возможности интеграции разработанных методов в существующие системы безопасности. Работа предлагает стратегический подход, сочетающий технологические достижения и организационные практики для создания устойчивой защиты информации.

Ключевые слова: спам, фишинг, информационная безопасность, машинное обучение, фильтрация, методы, защита, проблемы.

A.B. Kakenova*, B.K. Abduraimova, S.A. Santeeva
L.N. Gumilyov Eurasian National University,
010008, Republic of Kazakhstan, Astana, street Satpayeva, 2
*e-mail: akakenova1001@gmail.com

USING AI TO PREVENT EMAIL PHISHING ATTACKS

This article examines the current problems and the devastating effects of phishing email attacks. The importance of preventive measures to protect organizations from data leakage and potential catastrophic consequences is emphasized. The main types of phishing attacks and the need to implement solutions based on artificial intelligence (AI) to effectively reduce risks are described. The work used methods for recognizing early signs of phishing using artificial intelligence and machine learning. Python and Google Colab were used for development, which made it possible to effectively analyze data and train models. Special attention was paid to the development of unique methods and the use of modern software. As a result of the study, data were obtained confirming the high effectiveness of AI tools in recognizing phishing attacks. Artificial intelligence technologies have significantly improved the accuracy of phishing detection and supported adaptation to new cyber threats. The analysis shows that the use of AI allows not only to detect attacks in a timely manner, but also to develop prevention strategies. The practical significance of the results lies in the possibility of integrating the developed methods into existing security systems. The work offers a strategic approach combining technological advances and organizational practices to create sustainable information security.

Key words: spam, phishing, information security, machine learning, filtering, methods, protection, challenges.

Авторлар туралы мәліметтер

Аяна Байгабулкызы Какенова* – техника ғылымының магистрі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.; e-mail: akakenova1001@gmail.com.

Баян Куандыковна Абдураимова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.; e-mail: abduraimovabk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3913-1895>.

Сая Адильбекқызы Сантеева – Phd, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.; e-mail: saya_santeeva@mail.ru.

Сведения об авторах

Аяна Байгабулкызы Какенова* – магистрант технических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г. Астана; e-mail: akakenova1001@gmail.com.

Баян Куандыковна Абдураимова – кандидат технических наук, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, г. Астана; e-mail: abduraimovabk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3913-1895>.

Сая Адильбекқызы Сантеева – Phd, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г. Астана, e-mail: saya_santeeva@mail.ru.

Information about the authors

Ayana Baygabulkyzy Kakenova* – master of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana; e-mail: akakenova1001@gmail.com.

Bayan Kuandykovna Abduraimova – candidate of technical sciences, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana; e-mail: abduraimovabk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3913-1895>

Saya Adilbekkyzy Santeeva – Phd, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana; e-mail: saya_santeeva@mail.ru.

Редакцияға енуі 01.11.2024

Өңдеуден кейін түсуі 07.11.2024

Жариялауға қабылданды 08.11.2024

D.K. Karataev*, B.K. Abduraimova

L.N. Gumilyov Eurasian National University,
10000, Republic of Kazakhstan, Astana, 2 Satbaev st.

*e-mail: dkarataev2000@gmail.com

MULTIDIMENSIONAL BLOCKCHAIN AND ITS ADVANTAGES

Abstract: *The multidimensional blockchain is a revolutionary evolution of traditional blockchain technology, offering a dynamic and efficient architecture for data storage and processing. This unique structure enhances scalability by distributing transaction loads across various chains, significantly improving processing speed and reducing latency. With these parallel chains, the risk of bottlenecks is minimized, allowing for much higher throughput and optimized data flow. Additionally, multidimensional blockchains offer stronger security by isolating data within specific chains, making it harder for malicious actors to access or tamper with the entire network. This architecture also helps reduce energy consumption by allowing resource allocation based on demand, unlike traditional blockchains that require high energy output for each transaction. Multidimensional blockchains can be customized to suit diverse business models, from finance and logistics to healthcare, adapting seamlessly to sector-specific needs. In summary, multidimensional blockchains present an adaptable, energy-efficient, and highly scalable solution that improves transaction speeds, security, and data management capabilities across industries.*

Key words: *Industry adaptability, business models, cross-chain security, enhanced scalability, multidimensional blockchain, bandwidth, transaction optimization, energy efficiency.*

Introduction

At the present time, when cryptocurrency is almost the main factor and all digital achievements have a huge impact on the development, thanks to the development of decentralized systems. The advantage of decentralized systems has become almost the most important advantage to achieve consensus between various unreliable nodes in possible unsafe environments. But it should be borne in mind that at first the blockchain became more popular due to its use in cryptocurrency, but since then it has become a universal basis for building decentralized infrastructures, and not thanks to an application solution.

Despite its potential, broad adoption of blockchain technology faces notable obstacles, including unrestrained blockchain growth, inefficient consensus algorithms, and dependence on intermediaries for interoperability across systems. Developing robust distributed ledgers has largely focused on overcoming these limitations. «Proof of ownership» is almost one of the main mechanisms that is supported by checks with very strict mathematical checks, with the help of which another proof of work option is offered and it makes the requirements for calculations quite much easier. However, as data volume on network nodes continues to grow, this challenge remains critical. Predicting future growth remains challenging due to the nonlinear relationship between system characteristics and their popularity. For instance, in Figure 1, the graph displays the growth trend of the Bitcoin blockchain as of September 2024 [7].

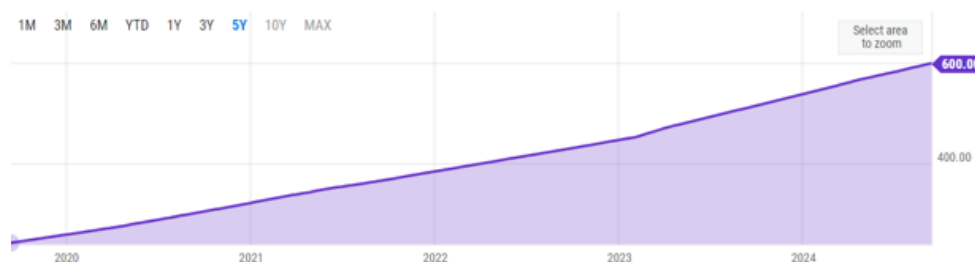


Figure 1 – Bitcoin blockchain volume growth chart for September 2024

The challenge of transferring value between fiat currencies and cryptocurrencies, as well as across various cryptocurrency networks, is usually managed through intermediaries or sidechains, which function mainly to bridge two separate systems [8].

In this study, an approach will be shown through which problems such as system availability and integrity can be solved, increasing confidentiality and through this approach, secure cross-system exchange will be maintained, connects individual systems and helps scalability.

Materials and methods

A multidimensional blockchain is a network where there are a lot of chains that are interconnected with each other and any additional chain in addition to the original one is already embedded in the existing blockchain.

At the same time, key information about its origin and main characteristics is recorded, and thanks to this approach to registration, a two-level structure of a distributed registry is created, and when a multidimensional blockchain works as a single registry and each of the blockchains works independently and exists as a separate registry. The 2nd figure shows two modes of operation, both blocking and status, where each blockchain can be controlled independently, and with this, a unique ability is preserved in each.

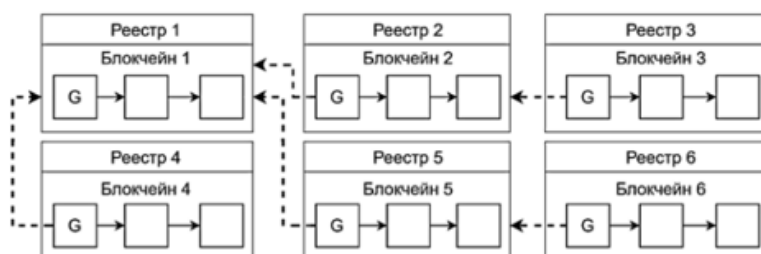


Figure 2 – Multidimensional Blockchain Structure

In the blockchain system, blocks are classified into categories, each of which defines specific fields and methods. Unlike side chains, whose users are often unaware of blocked assets, multidimensional blockchains treat each new genesis block as a unique entry inside an existing blockchain. This approach to registration ensures the independence of the new blockchain and eliminates the need for additional functions.

The state mode, which is based on the Ethereum architecture, is a more complex system. Its main advantage is that transactions are verified exclusively by the last block using the concept of "virtual states". In addition, this mode supports Turing smart contracts, which increases the level of interactivity. Each blockchain in a multidimensional network independently manages changes in its states, and the entire system is synchronized based on the largest common divisor of all transition intervals between chains.

One of the unique features is the hierarchical addressing system, which creates a base for structured application development. This system, similar to the file system, guarantees secure transfers of funds and organizes the network logically. Addressing can be carried out in two main formats:

1. Absolute Addressing - Refers back to the first genesis block.
2. Relative Addressing - Applicable within the current blockchain.

Addresses, recorded as numbers or hash sums, vary based on the blockchain's mode. In block mode, child blockchains are referenced by block numbers and hash sums, with the latter offering efficient referencing.

$$DM.A.E.T.V\{DM.A.E.T.V\}^*$$

Using the example of a block with the address 0xaabbcc08 operating in the status mode (see Fig. 3), it is shown how such addressing is implemented. The multidimensional blockchain offers several advantages over traditional blockchains:

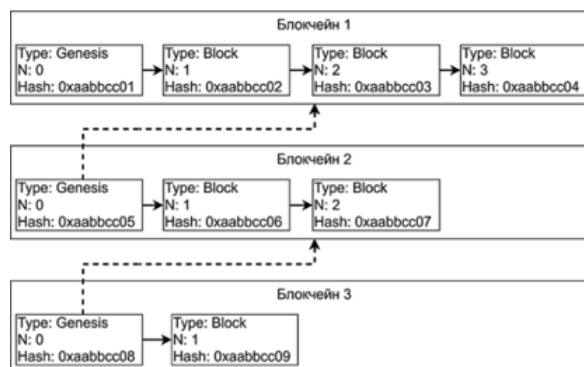


Figure 3 – An example of addressing in a multidimensional blockchain in the state machine mode

Results and discussion

The multidimensional blockchain has a number of advantages due to its unique architecture and basic principles of operation. His work is based on decentralized peer-to-peer networks and various consensus algorithms such as Proof-of-Work, Proof-of-Stake and Byzantine. Together, these mechanisms form a stable and decentralized system. Special protocols support secure data exchange between systems, recording transactions in external registries and ensuring the integrity and stability of distributed records.

The transition from the traditional blockchain model to a multidimensional one allows efficient use of memory for each node of the network. The size of the database in a multidimensional registry is influenced by factors such as the block size and the time required to form a block with a certain number of transactions. The main parameters in this system are:

- t – time
- v is the frequency of transaction generation by a separate account;
- NA – number of accounts;
- LV – the volume of the registry;
- T_0 – the period of transaction generation by the entire system;
- T is the period for generating transactions by a separate account;
- NL – number of registries;
- v_0 – the frequency of transaction generation by the entire system;

The structure of multidimensional blockchains excludes the possibility of simultaneous adjustment of these parameters in order not to violate agreed protocols. For example, if the main registry is divided into N smaller sub-registries, the percentage of accounts allocated to each of them can be calculated as follows:

$$p_i = \frac{N_{A(i)}}{N_A}$$

No additional accounts are created, so the sum of all allocations is 1:

$$\sum_i p_i = 1.$$

The transaction generation frequency is the number of transactions generated per unit of time. For the source registry, it is defined as follows:

$$v = \frac{N_A}{T} \Rightarrow v_0 = N_A v$$

The total transaction generation period for the system is expressed as:

$$T_0 = \frac{1}{v_0} = \frac{T}{N_A}$$

The registry volume can then be determined by:

$$LV = \left\lfloor \frac{St}{T_0} \right\rfloor$$

As the number of accounts registered in the new sub-registry decreases, the volume of transactions decreases accordingly:

$$N_{A(i)} = p_i N_A$$

Therefore, as the transaction volume decreases, the realization time of the transaction increases:

$$T_i = \frac{T_0}{p_i}, v_i = p_i v_0$$

and the registry volume of each separate registry follows the equation:

$$LV_i = \left\lfloor \frac{S_i t}{T_i} \right\rfloor = \lfloor p_i LV_0 \rfloor$$

The average registry volume across the multidimensional blockchain structure is then:

$$LV = \frac{1}{N_L} \sum LV_i = \frac{1}{N_L} \sum p_i LV_0$$

This division reduces the average volume of information held in each sub-registry by approximately N_L times, minimizing the storage requirements across nodes. Reducing the size of the blocks. If the block generation frequency is fixed, the block size is defined as follows:

$$S = s \cdot NTX = s \cdot N_A \cdot v \cdot T_s$$

Reducing the number of accounts reduces the volume of transactions and, consequently, the block size:

$$S_i = s \cdot N_{A(i)} \cdot v \cdot T_s = p_i S$$

Hence, the registry volume for each sub-registry is given by:

$$LV_i = \left\lfloor \frac{S_i T}{T_i} \right\rfloor = \lfloor p_i LV_0 \rfloor$$

and the average registry volume can be expressed as:

$$LV = \frac{1}{N_L} \sum LV_i = \frac{1}{N_L} \sum p_i LV_0$$

Reducing the block size and extending the transaction generation period can similarly reduce the amount of information stored on each node in a multidimensional blockchain system.

This relationship is illustrated in Figure 4, where the amount of data stored by nodes diminishes as the number of child registries increases. Concurrently, each individual node's data volume follows a linear growth pattern. With well-timed registry creation, the average data storage requirement per node can remain fairly stable.

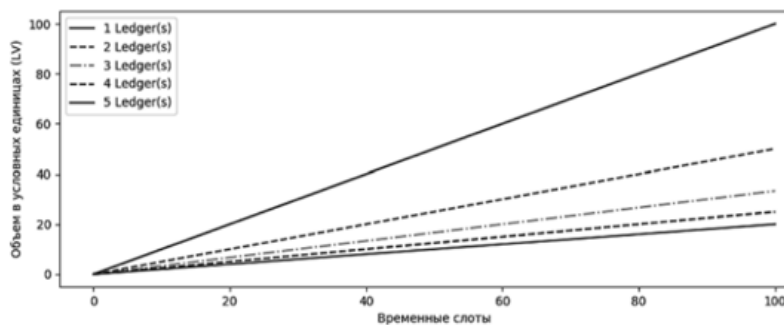


Figure 4 – The amount of information stored by nodes of a multidimensional blockchain

Figure 5 provides additional context, showing how the registry volume grows more gradually as the number of child registries rises. By sequentially adding registries, the data burden on each node is effectively reduced.

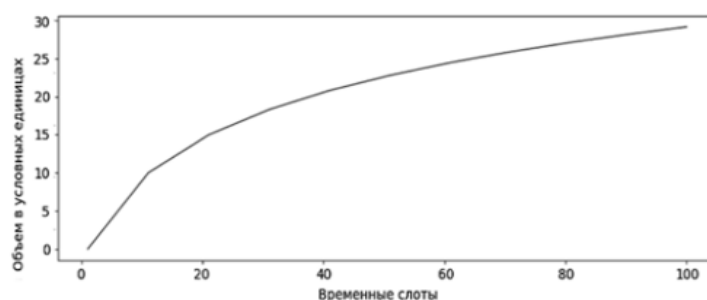


Figure 5 – The amount of information with a consistent increase in the number of registries

As multidimensional blockchain systems evolve by gradually generating nested chains, an important optimization challenge arises: determining both the optimal timing for registry division and the ideal count of nested blockchains. Notably, this model does not currently account for potential increases in the number of accounts and transactions, which would impact calculations. Including these factors could provide a more accurate, realistic assessment.

Calculations suggest that, with balanced distribution across nested blockchains, the average load on each node decreases by approximately NL times. Thus, even with limited resources and a steady rise in transaction numbers, the system load can remain relatively constant over time.

In essence, a multidimensional blockchain model offers promising scalability and efficiency benefits for distributed registries. However, continued research and refinement are essential to fully optimize these potential advantages.

Conclusion

In conclusion, the multidimensional blockchain represents a significant improvement on traditional blockchain technology, offering a flexible and scalable architecture for data storage and processing. Due to the multidimensional structure consisting of parallel chains, it provides higher throughput and reduces the likelihood of bottlenecks, which improves overall performance and reduces system delays. The unique separation of chains also strengthens security by making it difficult for intruders to access the network, and the energy consumption of the system is reduced due to the rational allocation of resources. The potential of the multidimensional blockchain to adapt to different business models and applications makes it a universal solution for a variety of industries such as finance, logistics and healthcare. Taken together, these advantages indicate that a multidimensional blockchain can become the basis for more efficient and secure decentralized systems in the future.

References

1. Obzor yazykov dlya bezopasnogo programmirovaniya smart-kontraktov / A.V. Tyurin i dr. // Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN. – 2019. – Tom 31, № 3. – S. 157-176. (In Russian).
2. Skovikov A.G. Blockchain technology and decentralized applications / A.G. Skovikov, N.A. Skovikov // Russian economy: a look into the future: Materials of the VI International Scientific and Practical Conference (full-time), Tambov, February 20, 2020 / Editor Ya.Yu. Radyukova. Tambov: Tambov State University named after G.R. Derzhavin, 2020. – P. 157-162. (In Russian).
3. Belyajkin N.A. Fundamental'naya transformatsiya ekonomiki v usloviyah integratsii blokchejna / N.A. Belyajkin // Hronoekonomika. – 2024. – № 1(43). – S. 6-12. (In Russian).
4. Bondarenko A.S. Analiz i ocenka uyazvimosti informatsii v kreditnyh organizatsiyah / A.S. Bondarenko, P.K. YArgin, M.A. Turilov // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. – 2019. – № 6-2. – S. 151-157 (In Russian).
5. Yakovleva A.V. Sushchestvuet li balans normativno-pravovykh polozhenij v oblasti zashchity personal'nykh dannykh i blokchejn tekhnologii? (na primere analiza Zakona o zashchite personal'noj informatsii Kitajskoj Narodnoj Respubliki) / A.V. Yakovleva // Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki. – 2023. – T. 19, № 4. – S. 14-22. (In Russian).
6. Kiajyas A. Uroboros: Dokazuemo bezopasnyj blokchejn-protokol proof-of-stake / A. Kiajyas, A. Rassel, B. Devid, R. Olejnikov // Konspekty lekcij po informatike. – 2017. – Tom 10401. – S. 357-388. (In Russian).
7. Multidimensional control points for preventing long-range attacks in proof-of-stake blockchains / I. A.I. Almalkokhi et al. // Series of materials of the ACM International Conference: 3, Xi'an, March 08-10, 2019. – Xi'an, 2019. – P. 118-122. (In English).

8. Sabinin, O.Y. Constructing a composition of consensus algorithms of the Federated Byzantine Agreement and Proof of Stake / O.Y. Sabinin, M.V. Toporov // Theoretical and Applied Science. – 2019. – № 5(73). – P. 335-343. (In English).
9. Gazi P. Sidechains with bid confirmation / P. Gazi, A. Kiayas, D. Zindros // IEEE Symposium on Security and Privacy (SP) 2019. – Vol. 1. – P. 677-694. (In English).
10. Garai J. Bitcoin backbone protocol with chains of variable complexity / J. Garai, A. Kiayas, N. Leonardos // Achievements of cryptography – CRYPTO 2017. Lecture notes on computer science. (In English).

Д.К. Каратаев*, Б.К. Абдураимова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
10000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2
*e-mail: dkarataev2000@gmail.com

МНОГОМЕРНЫЙ БЛОКЧЕЙН И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА

Многомерный блокчейн – это революционное развитие традиционной технологии блокчейн, предлагающее динамичную и эффективную архитектуру для хранения и обработки данных. Эта уникальная структура повышает масштабируемость за счет распределения транзакционной нагрузки по различным цепочкам, значительно повышая скорость обработки и сокращая время ожидания. Благодаря таким параллельным цепочкам риск возникновения узких мест сводится к минимуму, что позволяет значительно повысить пропускную способность и оптимизировать поток данных. Кроме того, многомерные блокчейны обеспечивают более высокий уровень безопасности, изолируя данные в определенных цепочках, что затрудняет злоумышленникам доступ ко всей сети или вмешательство в нее. Эта архитектура также помогает снизить энергопотребление, позволяя распределять ресурсы в зависимости от спроса, в отличие от традиционных блокчейнов, которые требуют высокой энергоемкости для каждой транзакции. Многомерные блокчейны могут быть адаптированы к различным бизнес-моделям, от финансов и логистики до здравоохранения, и легко адаптироваться к отраслям.

Ключевые слова: многомерный блокчейн, параллельные цепочки, масштабируемость, безопасность данных, пропускная способность, оптимизация транзакций, энергоэффективность, бизнес-модели.

Д.К. Қаратаев*, Б.К. Абдураимова

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
10000 Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2
*e-mail: dkarataev2000@gmail.com

КӨП ӨЛШЕМДІ БЛОКЧЕЙН ЖӘНЕ ОНЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ

Көп өлшемді блокчейн-деректерді сақтау және өңдеу үшін жаңа архитектураны ұсынатын дәстүрлі блокчейннің жетілдірілген нұсқасы. Бір өлшемді блокчейндерден айырмашылығы, көп өлшемді блокчейн бірнеше параллель тізбектерді құруға және басқаруға мүмкіндік береді, олардың әрқайсысы дербес жұмыс істей алады немесе ортақ желідегі басқа тізбектермен өзара әрекеттесе алады. Бұл стандартты блокчейндерге тән кедергілерді жою арқылы транзакциялардың ауқымдылығын, қауіпсіздігін және жылдамдығын арттырады. Көпөлшемді блокчейннің артықшылықтары жоғары өткізу қабілеттілігін, оңтайландырылған деректерді басқаруды, қуатты тұтыруды азайтуды және әртүрлі бизнес үлгілері мен талаптарына бейімделу мүмкіндігін қамтиды.

Түйін сөздер: көп өлшемді блокчейн, параллель тізбектер, масштабтау, деректер қауіпсіздігі, өткізу қабілеттілігі, транзакцияны оңтайландыру, энергия тиімділігі, бизнес модельдері.

Information about the authors

Daniyal Karataev* – master's student of the Department of Information Security; L.N. Gumilyov Eurasian National University of Astana, Kazakhstan; e-mail: dkarataev2000@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9109-533X>.

Bayan Abduraimova – scientific adviser, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana.

Информация об авторах

Даниял Каратаев* – магистрант кафедры информационной безопасности; Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; e-mail: dkarataev2000@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9109-533X>.

Баян Абдураимова – научный руководитель, кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, Астана.

Авторлар туралы ақпарат

Даниял Қаратаев* – ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының магистранты; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; e-mail: dkarataev2000@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9109-533X>.

Баян Абдурайымова – ғылыми жетекші, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана.

Received 30.10.2024

Revised 05.11.2024

Accepted 07.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-10](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-10)

IRSTI: 36.16.35; 34.03.47; 34.23.22



D.V. Son

Astana IT University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El Avenue, C1
e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com

SOIL YIELD FORECASTING

Abstract: *This research project serves as a comprehensive meta-analysis in the field of agricultural science, specifically focusing on the prediction of crop yields. This endeavor involves collating and synthesizing findings from a variety of studies and articles that have explored different methodologies and models for forecasting agricultural outputs. The objective of this comprehensive review is to identify trends, methodologies, and key factors that consistently influence crop yield predictions across different studies.*

It synthesizes methodologies from various studies, emphasizing machine learning (ML) techniques like Support Vector Machines (SVM), Random Forest (RF), and Convolutional Neural Networks (CNN). These studies integrate high-resolution satellite imagery with environmental indices such as NDVI, EVI, and LAI. Soil chemical properties (pH, nutrients) and satellite-derived data were used to enhance the prediction of crop yields for diverse crops. The findings highlight the comparative effectiveness of different models in handling the spatial and temporal variability of both above-ground and below-ground data, improving prediction accuracy under varying environmental and soil conditions.

Through this theoretical analysis, the research underscores the potential of advanced analytical models to transform agricultural monitoring and prediction, providing critical insights that can aid in the optimization of agricultural policies and resource management.

Key words: *Crop Yield Prediction, Satellite Imagery, Machine Learning, Convolutional Neural Networks (CNN), Vegetation Indices, Soil Chemical Properties.*

Introduction

Accurate crop yield prediction is essential for enhancing agricultural productivity and ensuring food security. Advances in technology have significantly improved these predictions, helping manage environmental risks and optimize resources.

Traditional methods of yield prediction, relying on historical data and simple empirical models, often struggle to capture the complexity of modern agricultural ecosystems. Factors like unpredictable weather, soil variability, and crop management practices add challenges that these models cannot address. The integration of high-resolution satellite imagery and vegetation indices

like NDVI and EVI has transformed crop monitoring, offering detailed insights into plant health and biomass [1, 2].

Additionally, machine learning techniques – such as Random Forests, Support Vector Machines, and deep learning models like Convolutional Neural Networks (CNNs) – have significantly enhanced prediction accuracy by analyzing large, complex datasets [3-6]. These models leverage both spatial and temporal data, revealing patterns that traditional approaches often miss.

While remote sensing and machine learning have improved above-ground crop monitoring, the integration of soil chemical properties – such as pH, nutrient content, and organic matter – into predictive models has proven essential for better accuracy. Soil health directly affects plant growth, and models that combine satellite data with detailed soil profiles offer more precise yield predictions [7]. This comprehensive approach not only enhances short-term accuracy but also aids in the sustainable management of soil resources for long-term agricultural productivity.

The fusion of advanced computational techniques and detailed environmental data marks a pivotal shift in agricultural forecasting, paving the way for more reliable and sustainable crop yield predictions.

Literature Review

In recent years, machine learning methods have become essential tools in agriculture, especially for predicting crop yields. Various studies have introduced approaches that leverage satellite imagery, soil chemical properties, and deep learning models, but each method faces limitations related to data types and computational resources.

One of the most commonly used approaches involves satellite imagery and deep learning, such as Convolutional Neural Networks (CNN). For instance, in a study utilizing CNN, Landsat 8 satellite data was employed to predict yields for cabbage and radish [6]. This approach performs well with spatial data, allowing the model to incorporate vegetation indices like NDVI and GDVI. However, a reliance on surface data alone leads to the omission of critical below-ground factors influencing crop yields. Soil chemical properties, such as nutrient levels and acidity, are essential in yield prediction but were not included in the model, causing inaccuracies, particularly in situations where soil composition plays a significant role [6].

To address these gaps, some researchers incorporated soil chemical properties into their models. For example, one study used a OLS regression model to analyze the impact of soil properties on rice yield [1]. However, while OLS regression can effectively reveal relationships between soil properties and yield, its limitation lies in capturing the nonlinear dependencies and interactions that often exist among environmental variables. This restricts the model's applicability to more complex, dynamic environments where soil, weather, and plant responses interact in nonlinear ways.

To enhance these predictive models, recent studies have turned to more advanced machine learning algorithms, such as Random Forest (RF) and Support Vector Machines (SVM), which handle nonlinear relationships better than OLS regression. Furthermore, machine learning models like RF, ERT, DL, SVM and CNN require substantial computational power and high-quality data, which can be restrictive in resource-constrained settings. Moreover, there is a problem with overfitting and also certain problems with data dependence.

Each approach thus has unique strengths and limitations: CNNs effectively process satellite images but require significant resources and overlook underground factors; OLS regression yield accurate results but face scalability limitations; and RF, ERT, DL, SVM achieves high clustering accuracy but demands labor-intensive parameter tuning and avoiding overfitting. This research aims to integrate the strengths of each method to create a hybrid model, addressing their respective limitations and enabling a more comprehensive model that considers essential factors and overcomes data and resource constraints.

Data and Method

Methods

Data Collection and Preparation

The data used in this study encompassed satellite imagery, soil chemical properties, and additional climate and topsoil information. Satellite images were sourced from high-resolution Landsat 8, focusing on vegetation indices such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), and LAI (Leaf Area Index), which indicate plant health, density,

and overall crop condition. Soil chemical data, including organic matter, phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and silicon dioxide (SiO₂), were gathered to assess the influence of soil composition on yield predictions over several years.

Preprocessing involved standardizing satellite images to maintain consistency across spatial and temporal dimensions. Soil data were cleaned, scaled, and interpolated for compatibility with satellite data resolution, ensuring a cohesive dataset for model integration. For statistical analyses, explanatory and response variables were normalized using z-scores, facilitating direct comparison across variables of different scales.

Statistical Modeling

The Ordinary Least Squares (OLS) regression model served as a benchmark for predicting crop yields, structured to minimize residuals in the regression equation:

$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i + \epsilon$ Here, y denotes the response variable, x_1 to x_i are the explanatory variables, β_0 is the intercept, β_1 to β_i represent the slopes correlating the response variable (y) with the explanatory variables (x_1 to x_i), and ϵ is the error term.

In one analysis, corn and soybean yields were modeled using fourteen variables, including vegetation indices (NDVI, EVI, LAI), climate factors (precipitation, T_{min}, T_{max}, T_{mean}), topsoil and subsoil properties (e.g., clay fraction, bulk density, pH, calcium carbonate, exchangeable sodium, and electrical conductivity), and nitrogen fertilizer inputs [1].

Correlation coefficients were calculated to assess the relationships between the variables and the response, guiding the selection of relevant explanatory variables. Redundancies were further identified using the Variation Inflation Factor (VIF) to avoid multicollinearity.

$$VIF(x_j) = \frac{1}{1-R_j^2}$$

(Picture 1 – VIF formula)

Where R_j^2 is the R-squared value from regressing x_j against the other explanatory variables. A VIF exceeding 10 indicates significant multicollinearity, leading to the exclusion of variables such as EVI, T_{max}, T_{mean}, and CaCO₃. The final model included ten variables: NDVI, LAI, precipitation, T_{min}, clay content, bulk density, pH, exchangeable sodium percentage (ESP), electrical conductivity (ECE), and nitrogen fertilizer (NTRG).

To standardize comparisons across variables, z-scores were used to normalize both the response and explanatory variables:

$$Z = \frac{(v-\mu)}{\sigma}$$

(Picture 2 – z-scores formula)

Machine Learning Models

The process of setting up models involves a structured series of steps aimed at capturing the complexities of agricultural environments. First, it is essential to define the prediction objective, specifying the crop type, geographical scope, and temporal range of the analysis. For example, studies targeting corn yield prediction in Iowa structured their models around the entire growing season, May to September, while research on cabbage and radish in Gangwon-do, South Korea, focused on data from June to September to align with local agricultural cycles. Clearly defining these parameters helps ensure that the data inputs and model configurations align with the biological growth stages of the crops under study [2, 6].

The data preprocessing stage is critical for preparing the satellite and climate data to ensure consistency, cleanliness, and structure compatible with machine learning models. The first task involves data filtering to isolate relevant cropland or specific crop type. This filtering process may use land cover classification maps to extract only the areas designated for the crops of interest, such as corn fields or vegetable plots, thus minimizing noise from irrelevant regions. Next, temporal grouping segments the data into meaningful periods that correspond with the crops' growth stages, enhancing the model's sensitivity to phenological phases. Grouping data by growth stages or specific seasonal windows, such as monthly or bi-monthly intervals, allows the model to capture variations in crop development during critical periods. For instance, the data may be organized as the entire growing season (e.g., May to September) or as discrete monthly intervals, depending on crop sensitivity to environmental conditions. Additionally, data normalization and scaling are applied to ensure consistency across different data sources, which reduces bias and improves compatibility between vegetation indices and climate variables. Normalization techniques like Z-score

standardization or min-max scaling are especially important for deep learning architectures that require well-scaled input for effective learning.

Model selection and configuration depend on the characteristics of the data and the specific objectives of the prediction task. Random Forest (RF) models are frequently used for structured agricultural data, as they leverage ensembles of decision trees to capture complex interactions within the dataset. Support Vector Machine (SVM) models are beneficial for datasets with clear class separability, though they require careful tuning of kernel functions, such as linear or Gaussian, to fit the data's structure. Deep learning approaches, particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), are increasingly applied in agriculture due to their ability to process spatially structured data from satellite images.

Support Vector Machine (SVM)

SVM is widely used for its accuracy in classification and predictive tasks. The model identifies an optimal hyperplane that maximizes the margin between support vectors from different classes, reducing errors. A Gaussian RBF kernel was used in this study to capture nonlinear patterns. The optimization process involved tuning kernel parameters and regularization constants to balance accuracy with computational efficiency, as SVM is sensitive to overfitting when parameters are not optimized [10]:

$$\min_{\mathbf{w}, b} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2$$

$$\text{subject to } y_i(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i + b) \geq 1 \text{ for } i = 1, \dots, n, \text{ where:}$$

(Picture 3 – SVM optimization equation)

Random Forest (RF)

RF, based on the CART algorithm, leverages ensemble learning by combining multiple decision trees using bootstrap aggregation. This method builds decision trees from random subsets of the training data, with final predictions determined by majority voting (classification) or averaging (regression). In this study, RF was configured with 500 trees, splitting nodes based on a third of the total input variables ($n/3$). The model's performance was evaluated using out-of-bag error as a metric, providing an unbiased estimation of prediction accuracy [2]:

$$Y = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L Y_l$$

(Picture 4 – Averaging equation)

This experimental configuration included 500 trees, with the splitting variables set to a third of the total input variables ($n/3$). In the research also utilized the out-of-bag error as a performance metric [2].

Extremely Randomized Trees (ERT)

ERT is a variant of RF that builds trees without bootstrap resampling and selects split points randomly, which enhances diversity among trees. This approach reduces model bias and enhances generalization but increases variance. The settings for ERT, such as the number of trees and node splitting variables, were aligned with RF for direct performance comparison [2]. The ERT model demonstrated greater flexibility in handling noisy data, which is common in large agricultural datasets.:

$$\hat{y} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M T_m(x)$$

(Picture 5 – Ensemble prediction formula)

Deep Learning (DL)

DL expands traditional artificial neural networks (ANN) with multi-layer architectures, effectively managing large, complex datasets. The training process involves unsupervised pre-training to refine representations, followed by supervised fine-tuning to optimize classification performance. In this study, a deep learning model with a 200×200 configuration was utilized, undergoing pre-training and fine-tuning to capture high-dimensional patterns within the agricultural data [3].

Convolutional Neural Network (CNN)

CNNs are particularly well-suited for analyzing visual data such as satellite imagery, making them ideal for capturing spatial and temporal patterns related to crop health. The CNN model in this study analyzed time-series satellite data, automatically extracting features without manual engineering. ReLU activation and Adam optimization were used, and a dropout rate of 0.5 was

applied across all layers to prevent overfitting. The model input was organized as histograms, with 11 variables represented in 32-bin formats for each district, allowing the CNN to learn subtle spatial correlations between satellite imagery and crop yields [5].

Result and Discussion

In the study, various machine learning models, including SVM, Random Forest (RF), Extremely Randomized Trees (ERT), and Deep Learning (DL), were used to predict corn yields, benchmarked against USDA statistics. The dataset, spanning the MJJAS growing season, was validated using the leave-one-year-out cross-validation method, generating 11 sets of results (2004-2014). The DL model achieved the highest correlation (0.776) with an RMSE of 0.844 ton/ha, while RF and ERT demonstrated comparable accuracy (correlation coefficients of 0.651 and 0.654, respectively). SVM had the lowest performance with a correlation of 0.590 and an RMSE of 0.959 ton/ha.

RF and ERT performed well across different seasonal periods, capturing the seasonal sensitivities of corn yields. DL outperformed across all periods (MJJAS=0.776), while RF and ERT also showed robust performance. SVM was more prone to overfitting, a common issue in complex models, where minor dataset fluctuations impacted performance.

Table 1 – Validation statistics for the period groups MJJAS

	Mean bias (ton/ha)	MAE (ton/ha)	RMSE (ton/ha)	MAPE (%)	r
SVM	0.112	0.730	0.959	8.1	0.590
RF	0.063	0.666	0.879	7.3	0.651
ERT	0.091	0.674	0.891	7.4	0.654
DL	-0.031	0.657	0.844	6.9	0.776

In a separate analysis using OLS regression, climate variables and soil properties were assessed for their influence on corn and soybean yields. NDVI had the most significant influence on yields for both crops, with precipitation (PPT) and minimum temperature (Tmin) playing important roles for corn and soybeans, respectively. The study highlighted how soil texture and nitrogen fertilizer (NTRG) also contributed to crop performance, emphasizing the need for further analysis on how irrigation practices interact with soil properties.

Validation results for 2011-2012 showed reasonable error metrics (MAE of 0.726 ton/ha for corn in 2011 and 1.046 ton/ha in 2012). Prediction errors increased in 2012 due to drought conditions, impacting model performance. However, correlation coefficients remained high (0.909 for corn in 2011 and 0.903 for soybeans).

The proposed CNN model demonstrated strong predictive capabilities for cabbage and radish yields in temperate, seasonally variable climates, achieving high correlation values (up to 0.7046 for radish and 0.6350 for cabbage) and relatively low RMSE (1,358 to 1,553), thereby highlighting its ability to capture complex, spatiotemporal data patterns. Despite these strengths, the model exhibited limitations during early prediction stages and under extreme climate conditions, such as the 2018 heatwave, where it overestimated yields, suggesting a need for architectural adaptations or additional weather-related variables to enhance robustness.

Table 2 – Validation results of the regression models (OLS) for corn and soybean yields across different years, including metrics such as mean bias, MAE, RMSE, MAPE

	No. of Counties (ton/ha)	Min Obs. (ton/ha)	Max Obs. (ton/ha)	Mean Obs. (ton/ha)	Mean Bias (ton/ha)	MAE (ton/ha)	RMSE (ton/ha)	MAPE (%)	R
Corn (2011)	180	4.871	12.334	9.456	-0.350	0.726	0.861	8.144	0.909
Corn (2012)	182	1.883	12.208	8.463	-0.675	1.046	1.240	12.681	0.854
Soybeans (2011)	181	1.715	4.304	2.871	-0.093	0.252	0.313	8.812	0.903
Soybeans (2012)	177	0.780	3.766	2.762	-0.347	0.392	0.442	14.616	0.877

The study emphasizes the importance of selecting stable regions to minimize the impact of unpredictable factors like natural disasters on yield predictions. Machine learning models such as RF, ERT, and DL demonstrate strong potential for improving agricultural productivity and food security through precision agriculture. Comprehensive evaluations, including metrics like MAE,

RMSE, and R-squared, along with visualizations like scatter plots and residual analysis, provide a thorough understanding of model performance.

Through a comparative evaluation of models, including CNNs, RF, ERT, SVM, and Ordinary Least Squares (OLS) regression, this review identifies specific advantages under varying agricultural conditions. CNNs perform effectively in large-scale spatial analysis using satellite imagery, while neural networks based on soil properties offer superior accuracy in areas where soil chemistry significantly impacts yield.

Table 3 – 8:2 validation results for radish and cabbage using the proposed CNN model, reference CNN model (Mu et al., 2019), and Random Forest

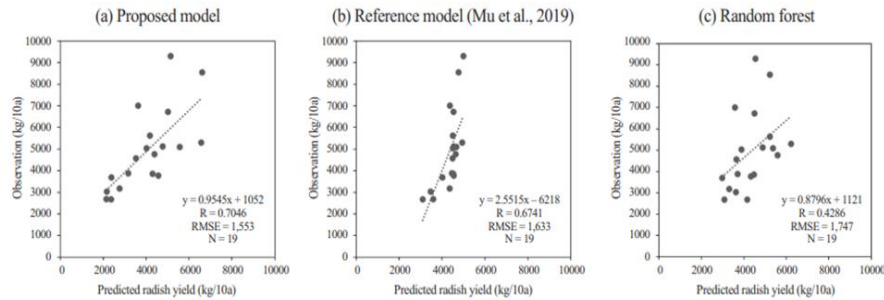


Fig. 4. 8:2 validation results for radish: (a) proposed CNN model result, (b) reference CNN model (Mu et al., 2019) result, and (c) RF model result.

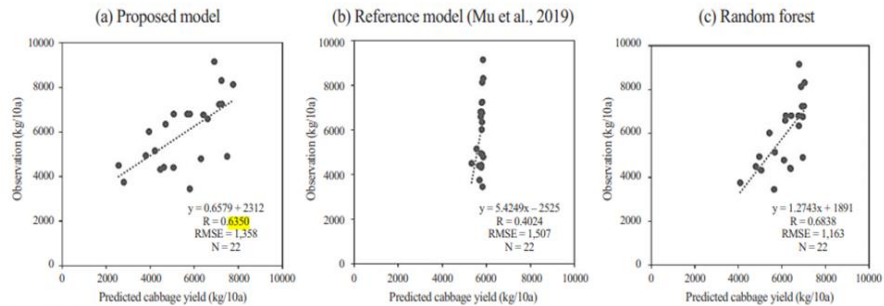


Fig. 5. 8:2 validation results for cabbage: (a) proposed CNN model result, (b) reference CNN model (Mu et al., 2019) result, and (c) RF model result.

Random Forest and ERT models provide robustness in heterogeneous environments with diverse soil types and climates, making them ideal for multi-crop or variable conditions. In homogeneous or monoculture systems, OLS regression and SVM offer simplicity and effectiveness, particularly under stable climatic patterns. The integration of multiple data sources – satellite imagery, soil properties, and climate metrics – further enhances model accuracy, enabling tailored adaptations across crops and regions.

Table 4 – Summarized results in the table

Model	Crop	Climate Zones	Key Metrics	r	MAE	RMSE	MAPE	Strengths
OLS Regression	Corn, Soybeans	Temperate and Stable	Moderate accuracy, higher error margin for complex patterns	0.854 - 0.909	0.252 - 1.046	0.313 - 1.240	8.144% - 14.616%	Simple and interpretable, suitable for stable environments
Support Vector Machine (SVM)	Corn	Temperate	Lower accuracy in extreme conditions; performs better in moderately stable climates	0.575 - 0.606	0.650 - 0.730	0.852 - 0.959	7.3% - 8.1%	Effective for simple patterns; struggles in highly variable climate zones
Random Forest (RF)	Corn	Temperate with Seasonal Variation	High correlation in optimal month combinations, effective for seasonal sensitivity	0.651 - 0.774	0.616 - 0.666	0.767 - 0.879	6.3% - 7.3%	Handles non-linear patterns well, reduced overfitting compared to simpler models
Extremely Randomized Trees (ERT)	Corn	Temperate with Seasonal Variation	Similar performance to RF with slight variance reduction	0.654 - 0.785	0.568 - 0.674	0.756 - 0.891	6.1% - 7.4%	Highly efficient, suitable for large datasets with complex patterns
Deep Learning (DL)	Corn	Temperate and Drought-Prone	High accuracy, especially in drought-resistant predictions, handles overfitting effectively	0.776 - 0.800	0.608 - 0.709	0.787 - 0.901	6.5% - 7.5%	Best for complex, non-linear relationships, adaptable to both stable and extreme conditions
CNN	Cabbage, Radish	Temperate, Seasonal	High prediction accuracy, performs well under seasonal variation	0.635 - 0.7046	N/A	1,358 - 1,553	N/A	Effective for handling spatiotemporal data, but less adaptable to seasonal changes

Conclusion

This comprehensive meta-analysis underscores the transformative impact of integrating advanced machine learning techniques with high-resolution satellite imagery and soil chemical properties for crop yield prediction. By synthesizing methodologies across various studies, this research highlights how models like Convolutional Neural Networks (CNNs), Random Forests (RF), Extremely Randomized Trees (ERT), Support Vector Machines (SVM), and Ordinary Least Squares (OLS) regression each offer unique advantages in handling the complexities of modern agricultural ecosystems.

CNNs demonstrated superior predictive accuracy for crops like radish under stable environmental conditions, leveraging their ability to automatically extract features from high-dimensional data. Random Forests and ERT models exhibited robustness in heterogeneous environments with diverse soil types and climatic variables, making them well-suited for multi-crop systems and regions with variable conditions. These ensemble methods effectively handled nonlinear relationships and reduced overfitting risks, contributing to reliable yield predictions.

In contrast, SVMs and OLS regression models offered simplicity and computational efficiency, performing effectively in homogeneous or monoculture systems with stable climatic patterns.

A critical insight from this research is the significant enhancement of prediction accuracy when integrating soil chemical properties – such as pH, nutrient content, and organic matter—with satellite-derived vegetation indices. This comprehensive approach acknowledges the essential role of below-ground factors in crop development, providing a more holistic understanding of the factors influencing yields. The fusion of above-ground and below-ground data allows models to account for the spatial and temporal variability inherent in agricultural environments.

The study also emphasizes the importance of selecting stable regions for yield prediction to minimize the impact of unpredictable factors like natural disasters. By focusing on areas with consistent environmental conditions, models can achieve higher accuracy, which is crucial for informing agricultural policies and resource management strategies.

Through the comparative evaluation of different models, the research illustrates that no single method universally outperforms others across all conditions. Instead, the choice of model should be tailored to specific agricultural contexts, considering factors such as data availability, computational resources, crop types, and environmental variability.

References

1. Statistical Estimation of Crop Yields for the Midwestern United States Using Satellite Images, Climate Datasets, and Soil Property Maps / N. Kim et al // Korean Journal of Remote Sensing. – 2016. – № 32(4). – P. 383-401.
2. Kim N. Machine Learning Approaches to Corn Yield Estimation Using Satellite Images and Climate Data: A Case of Iowa State / N. Kim, Y.-W. Lee // Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography. – 2016. – № 34(4). – P. 383-390.
3. Chang J. Identifying Factors for Corn Yield Prediction Models and Evaluating Model Selection Methods / J. Chang, D.E. Clay // Korean Journal of Crop Science. – 2005. – № 50(4). – P. 268-275.
4. Boosted random forest / Y. Mishina et al // IEICE Transactions on Information and Systems. – 2005. – № E98.D(9). – P. 1630-1636. <https://doi.org/10.1587/transinf.2014OPP0004>.
5. Li.Y. Regional segmentation of field images based on convolutional neural network for rice combine harvester. / Y. Li., M. Iida, M. Suguri, R. Masuda // Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers. – 2020. – № 82(1). – P. 47-56. https://doi.org/10.11357/jsamfe.82.1_47.
6. Park H. Satellite-based cabbage and radish yield prediction using deep learning in Kangwon-do / H. Park, Y. Lee, S. Park // Korean Journal of Remote Sensing. – 2023. – Vol. 39. – P. 1031-1042. <https://koreascience.kr/article/JAKO202331857673593.page>.
7. Sung J.H. Rice yield prediction based on the soil chemical properties using neural network model / J.H. Sung, D.H. Lee // Journal of Biosystems Engineering. – 2004. – № 29(2). – P. 123-135.
8. Relationships between global climate indices and rain-fed crop yields in highland of South-Central Java, Indonesia / B.D.A. Nugroho et al // Journal of Geography (Chigaku Zasshi). – 2013. – № 122(3). – P. 438-447. <https://doi.org/10.5026/geography.122.438>.
9. Purwanto M.Y.J. Crop yield prediction by stress day indices under both excessive and deficient soil water conditions / M.Y.J. Purwanto, S. Hardjoamidjojo, R. Nakamura, N. Kubo // Journal of

Irrigation Engineering and Rural Planning. – 1993. – № 25. – P. 31-41.
https://doi.org/10.11408/jierp1982.1993.25_31.

10. Jun S.H. A differential evolution based support vector clustering / S.H. Jun // Journal of the Korean Institute of Intelligent Systems. – 2007. – № 17(5). – P. 679-683.
<https://doi.org/10.5391/JKIS.2007.17.5.679>.

Д.В.Сон

Астана IT Университет,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Мәңгілік Ел, С1
e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПОЧВЫ

Эта исследовательский проект представляет собой комплексный метаанализ в области сельскохозяйственной науки, в котором особое внимание уделяется прогнозированию урожайности сельскохозяйственных культур. Это исследование включает в себя сопоставление и синтез результатов различных исследований и статей, в которых рассматриваются различные методологии и модели прогнозирования сельскохозяйственной продукции. Целью этого всеобъемлющего обзора является выявление тенденций, методологий и ключевых факторов, которые последовательно влияют на прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур в рамках различных исследований.

В нем обобщены методологии из различных исследований, особое внимание уделяется методам машинного обучения (ML), таким как методы опорных векторов (SVM), случайный лес (RF) и сверточные нейронные сети (CNN). Эти исследования объединяют спутниковые снимки высокого разрешения с экологическими показателями, такими как NDVI, EVI и LAI. Химические свойства почвы (pH, питательные вещества) и полученные со спутника данные были использованы для улучшения прогнозирования урожайности различных культур. Полученные результаты свидетельствуют о сравнительной эффективности различных моделей при обработке пространственной и временной изменчивости как наземных, так и подземных данных, что повышает точность прогнозирования в различных условиях окружающей среды и почвы.

Благодаря этому теоретическому анализу исследование подчеркивает потенциал передовых аналитических моделей для преобразования сельскохозяйственного мониторинга и прогнозирования, предоставляя важную информацию, которая может помочь в оптимизации сельскохозяйственной политики и управлении ресурсами.

Ключевые слова: Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, Спутниковые снимки, Машинное обучение, Сверточные нейронные сети (CNN), Вегетационные индексы, Химические свойства почвы.

Д.В. Сон

Астана IT Университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана, Мәңгілік Ел даңғылы, С1
e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com

ТОПЫРАҚ ӨНІМДІЛІГІН БОЛЖАУ

Бұл зерттеу жобасы ауыл шаруашылығы ғылымы саласындағы кешенді мета-анализ ретінде қызмет етеді, атап айтқанда дақылдардың өнімділігін болжауға бағытталған. Бұл әрекет ауыл шаруашылығының өнімділігін болжаудың әртүрлі әдістемелері мен үлгілерін зерттеген әртүрлі зерттеулер мен мақалалардың нәтижелерін салыстыруды және синтездеуді қамтиды. Бұл жан-жақты шолудың мақсаты әртүрлі зерттеулердегі дақылдардың өнімділігін болжауға дәйекті түрде әсер ететін тенденцияларды, әдістемелерді және негізгі факторларды анықтау болып табылады.

Ол Әртүрлі зерттеулердің әдістемелерін синтездейді, Векторлық Машиналарды (SVM), Кездейсоқ Ормандарды (RF) Және Конволюциялық Нейрондық Желілерді (CNN) Қолдау сияқты машиналық оқыту (ML) әдістеріне баса назар аударады. Бұл зерттеулер жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік суреттерді NDVI, EVI және LAI сияқты экологиялық көрсеткіштермен біріктіреді. Топырақтың химиялық қасиеттері (рн, қоректік заттар) және спутниктік деректер әртүрлі дақылдардың өнімділігін болжауды жақсарту үшін пайдаланылды. Нәтижелер әртүрлі модельдердің жер үсті және жер асты деректерінің кеңістіктік және уақыттық өзгергіштігін өңдеудегі салыстырмалы тиімділігін көрсетеді, қоршаған орта мен топырақтың әртүрлі жағдайларында болжау дәлдігін жақсартады.

Осы теориялық талдау арқылы зерттеу ауыл шаруашылығы саясатын оңтайландыруға және ресурстарды басқаруға көмектесетін маңызды ақпаратты ұсына отырып, ауыл шаруашылығы мониторингі мен болжамын өзгерту үшін озық аналитикалық модельдердің әлеуетін көрсетеді.

Түйін сөздер: Дақылдардың Өнімділігін Болжау, Спутниктік Суреттер, Машиналық Оқыту, Конволюциялық Нейрондық Желілер(CNN), Өсімдік Жамылғысының Көрсеткіштері, Топырақтың Химиялық Қасиеттері.

Information about the authors

Dmitriy Vladislavovich Son – Master's Student, Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com.

Сведения об авторах

Дмитрий Владиславович Сон – магистрант, Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Дмитрий Владиславович Сон – Магистрант, Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: qwerty.01.qwerty0op@gmail.com.

Received 23.10.2024

Revised 04.11.2024

Accepted 13.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-11)

IRSTI: 53.81.31



B.K. Kenzhaliyev¹, S.Zh. Aibagarov², S.D. Bekele^{2*}, S.A. Kvyatkovskiy¹, M.A. Dyussebekova¹

¹Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation, Satbayev University,
050010, Kazakhstan, Almaty, Shevchenko Street, 29,

²Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi Avenue, 71,

*e-mail: samsondawitb@gmail.com

DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SOFTWARE SOLUTION FOR PROCESSING HIGH-SULFUR, COPPER-POOR CONCENTRATES IN THE COPPER SMELTING INDUSTRY

Abstract: The depletion of high-grade copper ores and the increasing prevalence of low-grade, high-sulfur copper concentrates present significant challenges to the copper smelting industry. Traditional smelting processes struggle to maintain economic viability and comply with environmental regulations when processing these complex ores. This paper details the development of a comprehensive software solution designed to simulate the smelting process for high-sulfur, copper-poor concentrates. The software employs a detailed mathematical model to predict the yields and compositions of products, including valuable metals, during the smelting process. It integrates multiple modules, such as ore input, smelting simulation, and results presentation, providing a user-friendly platform for optimizing smelting operations. Critical parameters like ore composition, smelting temperature, and flux addition are incorporated into the model, enabling accurate predictions of matte and slag outputs. By analyzing these outputs, the software aids in optimizing metal recovery and reducing losses, ultimately enhancing the efficiency and sustainability of copper production. This tool is particularly relevant for large sulfide copper ore deposits, such as those in Kazakhstan, which have high sulfur content and low copper levels. The software's ability to simulate different processing scenarios provides valuable insights for industrial applications, supporting the development of more efficient and eco-friendly smelting technologies. The comprehensive software solution not only addresses the technical challenges of processing high-sulfur, low-copper ores but also contributes to the industry's efforts to reduce environmental impact and improve resource management. This innovation represents a significant step forward in the optimization of copper smelting operations, promoting sustainability and efficiency in the face of declining ore quality.

Key words: copper smelting, high-sulfur ores, smelting simulation, metal recovery, optimization.

Introduction

The copper smelting industry is transforming due to the depletion of high-grade ores and the rise of complex, low-grade ores [1, 2]. These ores, high in sulfur and low in copper, challenge

traditional smelting processes [3-5]. Efficient processing of these concentrates is crucial for maintaining economic viability and adhering to environmental regulations. The volume of industrial waste from traditional smelting is comparable to copper deposit reserves, driving the need for more efficient and eco-friendly technologies [6-8]. Efficient recovery of valuable metals and reduction of metal losses in smelting slags are key aspects of processing these ores [4, 5]. Developing new technologies for high-sulfur, copper-poor concentrates is essential to address these challenges and optimize copper production efficiency.

Researchers are exploring various methods to address issues related to complex ores. High-temperature processes for the direct reduction of copper slag are being investigated for their environmental friendliness and waste-free nature [9-11], aiming to extract valuable metals from slag and minimize environmental impact. High-temperature processes reduce waste but face scalability issues due to high energy demands, especially with sulfur-rich, copper-poor ores.

Technologies for reducing metal losses during copper smelting have seen advancements. Komkov et al. [12] developed a thermodynamic model for impurity distribution during smelting in the Vanyukov furnace, showing how temperature and composition influence metals like zinc and lead between matte, slag, and gases. Kenzhaliev et al. [13] focused on minimizing copper losses in slag at the Balkhash smelter, demonstrating how raw material composition affects smelting efficiency. Mamonov et al. [14] improved slag processing with slow cooling and ultrafine grinding, enhancing copper recovery. Additionally, flotation enrichment techniques have been developed to separate valuable metals from converter and waste slags, although challenges remain with sulfur-rich, low-copper ores [15].

However, flotation enrichment struggles with high sulfur, low copper ores, and its energy costs from ultrafine grinding raise concerns about long-term viability. Innovative technologies involving slow cooling and ultrafine grinding of slag are also being explored to significantly improve flotation and produce copper-rich concentrates [16-18]. While slow cooling and ultrafine grinding improve recovery, they add significant energy and time costs, requiring a detailed cost-benefit analysis.

The industrial development of large Boshchekul and Aktogay deposits of sulfide copper ores in Kazakhstan highlights the need for further research and development [19]. Copper concentrates from these deposits have high sulfur content and low copper levels, requiring tailored processing methods [20]. Determining the properties of resulting slag is critical for optimizing the smelting process and minimizing metal losses.

This paper presents a software solution designed to address these challenges by simulating the smelting process for high-sulfur, copper-poor concentrates. The software utilizes a comprehensive mathematical model that incorporates key parameters influencing smelting efficiency and accurately predicts product yields and material flows. The software provides a valuable tool for optimizing smelting operations, reducing metal losses, and improving overall efficiency.

Methods and Materials

This part outlines the computational processes used to calculate the chemical composition of alloys derived from multiple ores. The system involves selecting ores, initializing their compositions, calculating the total weights and percentages of each element, and determining the concentrations of elements in both steel (the metal product) and slag (the byproduct). By systematically processing the input data through these computational steps, the model accurately predicts the distribution of elements in the final products, thereby enabling informed conclusions about smelting efficiency and metal recovery.

2.1 Ore Selection and Data Initialization

A variety of ores are selected based on their elemental compositions and weights, containing elements like Gold (Au), Silver (Ag), Silicon Dioxide (SiO_2), Calcium Oxide (CaO), Sulfur (S), Iron (Fe), Copper (Cu), Aluminum Oxide (Al_2O_3), and Arsenic (As). The software requires input of gold (Au) and silver (Ag) concentrations in grams per tonne of ore. Other elements (e.g., Cu, Fe, S, SiO_2 , CaO) are input as weight percentages, converted to absolute weights based on the total ore weight. All weights are standardized to grams per ton. The total weight of each element across all selected ores is then calculated by summing the individual weights from each ore. The copper and sulfur content of the ore are crucial inputs as they significantly influence the formation of matte, a copper-rich product.

For element percentages, the percentage of each element relative to the total weight of the alloy is calculated. For Au and Ag, these percentages are converted to parts per million (ppm). These processed input data are essential for accurately modeling the smelting process, as they directly impact the predicted concentrations of elements in the stein and slag.

2.2 Software Modules

The software consists of three modules:

2.2.1 Ore input module

This module allows users to input the chemical composition of the ore, including the weight percentages of various elements. Users can also specify the weight of the ore batch.

2.2.2 Smelting simulation module

This module utilizes a comprehensive mathematical model to simulate the smelting process. It directly leverages the input data initialized in Section 2.1, such as elemental concentrations and ore weights, to inform the simulation parameters. The model incorporates key parameters influencing smelting efficiency, including the chemical composition of the ore, the smelting temperature, and the addition of fluxes. The model predicts the composition and yield of both matte and slag, as well as the distribution of valuable metals. This module implements the calculations described in the following sections:

Calculation of materials in stein

To calculate the concentrations of various materials in the stein (a metal product) and its total weight, several steps are followed. First, the amount of sulfur lost to gas is determined by applying the gas loss percentage to the total sulfur content. Next, the sulfur combined with copper to form copper sulfide is calculated using the ratio of copper to sulfur in copper sulfide. The sulfur in the stein is then found by subtracting the sulfur in copper sulfide from the sulfur lost to gas. The iron content in the stein is determined based on the sulfur present, using the ratio of iron to sulfur in iron sulfide. Finally, the weight of the stein is calculated by summing the total copper, sulfur in the stein, iron in the stein, and an additional factor for other materials.

Below, the formulae are described. Equation 1 shows the formula of Sulfur lost to gas, equation 2 shows the sulfur in copper sulfide, equation 3 shows the sulfur in stein, equation 4 shows Iron in stein and equation 5 shows the calculation of the weight of the stein.

$$\text{Sulfur}_{\text{gas}} = \text{Total Sulfur} \times \frac{100 - \text{GAS LOSS PERCENTAGE}}{100} \quad (1)$$

$$\text{Sulfur}_{\text{CuS}} = \text{Total Copper} \times \text{COPPER TO SULFUR RATIO IN COPPER SULFIDE} \quad (2)$$

$$\text{Sulfur}_{\text{stein}} = \text{Sulfur}_{\text{gas}} - \text{Sulfur}_{\text{CuS}} \quad (3)$$

$$\text{Iron}_{\text{stein}} = \text{Sulfur}_{\text{stein}} \times \text{IRON TO SULFUR RATIO IN IRON SULFIDE} \quad (4)$$

$$\text{Weight}_{\text{stein}} = \text{Total copper} + \text{Sulfur}_{\text{stein}} + \text{Iron}_{\text{stein}} + \text{Other Materials Factor} \times \text{Total Other Materials} \quad (5)$$

The sulfur in the stein ($\text{Sulfur}_{\text{stein}}$) is calculated by accounting for the sulfur that is not lost to gas and is not part of the copper sulfide. Iron in the stein ($\text{Iron}_{\text{stein}}$) is then determined using the iron to sulfur ratio in iron sulfide. The percentage of sulfur in the stein is found by dividing the sulfur gas by the weight of the stein and multiplying by 100. Similarly, the percentage of iron in the stein is determined by dividing the iron gas by the weight of the stein and multiplying by 100. The percentage of copper in the stein is calculated by dividing the total copper by the weight of the stein and multiplying by 100.

Calculation of Materials in Slag

The concentration of elements in the slag (byproduct) and the total weight of the slag are calculated by considering the concentrations of gold and silver in the stein and determining the total weight of the slag based on the iron oxide and other materials present. The formula for calculating gold concentration in the stein is given in equation 6. The weight of the slag is given in equation 7. The iron content that does not end up in the stein contributes to the iron content in the slag and is converted to iron oxide using a predefined ratio. Iron in slag is calculated by subtracting the iron in the stein from the total iron content. The iron oxide in slag is then calculated by multiplying the iron in slag by the iron oxide to iron ratio in slag.

$$\text{Gold Concentration}_{\text{stein}} = \frac{\text{Total Gold}}{\text{Weight}_{\text{stein}}} \times \text{GOLD RECOVERY EFFICIENCY} \times \text{GOLD SCALE FACTOR} \quad (6)$$

$$\text{Weight}_{\text{slag}} = \text{Iron in Slag} + \text{Total Al}_2\text{O}_3 + \text{Total SiO}_2 + \text{Total CaO} + \text{Other Materials in Slag Factor} \times \text{Total Other Materials} \quad (7)$$

Final Calculation and Analysis

The total weight of the slag is calculated by summing the contributions of iron in the slag, Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , and other materials. The percentage of each element in the slag is determined by dividing the weight of the element by the total weight of the slag and converting it to a percentage.

The smelting process involves several key constants: Gas Loss Percentage (sulfur lost as gas), Copper to Sulfur Ratio in Copper Sulfide, Iron to Sulfur Ratio in Iron Sulfide, Iron Oxide to Iron Ratio in Slag, Other Material Factor (additional materials in stein), Other Materials in Slag Factor, Gold Recovery Efficiency, Silver Recovery Efficiency, and Gold Silver Scale Factor (converts gold and silver concentrations from grams per ton to grams per tonne). These constants are used in the smelting simulation module to calculate element distribution in the matte and slag.

2.2.3 Results Module

This module presents the simulations results in a user-friendly table format, allowing users to analyze the impact of different process parameters on smelting efficiency and to identify potential areas of improvement.

2.3 Software Workflow

The software workflow for this methodology, as seen in figure 1, integrates the various mathematical calculations into a cohesive system that automates the entire process. Starting with the input data from ore selection and initialization (Section 2.1), the workflow systematically processes these inputs through the ore input module, smelting simulation module, and results module. Below is an explanation of the software's operation.

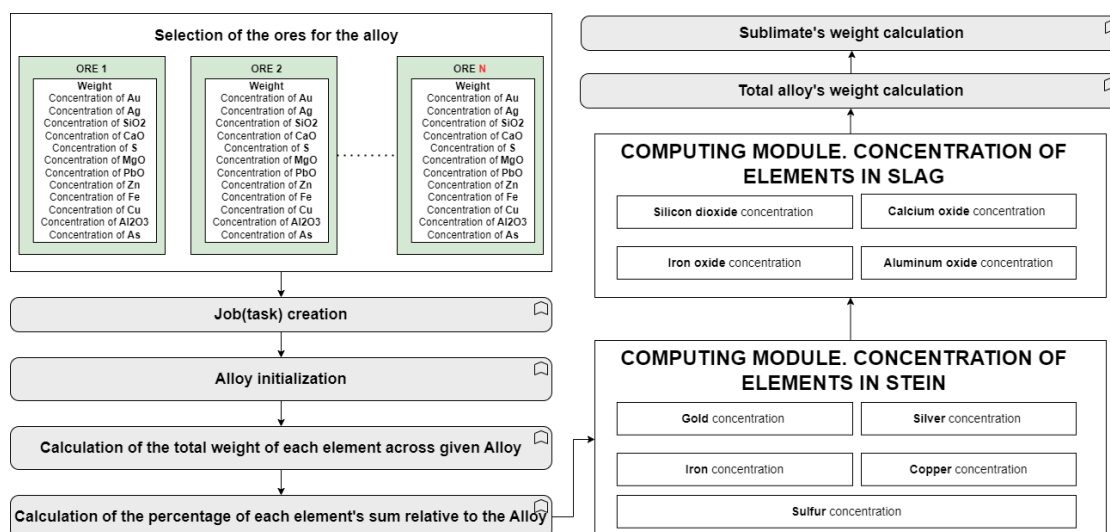


Figure 1 – Software Workflow for Calculating Chemical Composition of Alloys

First, the ores are selected, and their compositions and weights are inputted using the Ore Input Module. Each ore's data is captured and stored for further processing. Once the ores are selected, a new job is created by the software to manage the data. This job acts as a container for all the ore data and subsequent calculations. A Job object is created, and each selected ore is associated with this job through "OreJob" objects. Each selected ore is initialized as a compound object by the software, converting their elemental weights and concentrations into consistent units. This involves creating Compound objects, which handle the conversion of measurements.

Results

This section provides an overview of the data input process, the selection of ores for calculation, and the results of the smelting simulations, which include the concentrations of elements in both the stein and slag.

Figure 2 shows the interface for inputting the chemical composition and weights of various ores. Users can add new ores or delete existing ones. Each ore is listed with its name, weight, and

concentrations of elements. Once the ores are inputted, users can select specific ores for the calculation. This selection process is crucial for creating a new job that will manage the data and perform the necessary calculations. In Figure 3, the CaO and KSH ores were selected for calculation for demonstration purposes.

Explore data Calculations Results

Ores

Name	Weight	Au	Ag	SiO2	CaO	S	Fe	Cu	Al2O3	As0	Actions
BK	44.475	5.77	31.1	5.66	0.73	33.26	30.85	17.2	2.3	0.032	Delete
Bestube	0.0	1.6	0.98	54.4	4.35	1.41	5.18	0.006	16.1	0.46	Delete
Zholymbet	0.0	1.5	1.4	46.9	8.1	1.01	8.14	0.008	18.4	0.0005	Delete
ZHOF	231.7	0.172	481.5	19.44	1.32	13.53	4.98	35.36	3.49	0.08	Delete
CaO	16.05	0.0	0.0	0.0	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Delete
KSH	129.65	1.725	32.14	20.29	1.07	1.24	41.34	8.74	2.79	0.022	Delete
KKSH	33.65	4.52	125.6	12.64	1.18	7.74	26.75	19.8	2.84	0.29	Delete
AK	44.475	0.46	14.14	9.54	1.01	31.42	25.06	24.11	2.82	0.0	Delete

Add ore

Figure 2 – Ore Data Input

Explore data Calculations Results

Select ores for Calculation

Select	Name	Weight	Au	Ag	SiO2	CaO	S	Fe	Cu	Al2O3	As0
☐	BK	44.475	5.77	31.1	5.66	0.73	33.26	30.85	17.2	2.3	0.032
☐	Bestube	0.0	1.6	0.98	54.4	4.35	1.41	5.18	0.006	16.1	0.46
☐	Zholymbet	0.0	1.5	1.4	46.9	8.1	1.01	8.14	0.008	18.4	0.0005
☐	ZHOF	231.7	0.172	481.5	19.44	1.32	13.53	4.98	35.36	3.49	0.08
☒	CaO	16.05	0.0	0.0	0.0	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
☒	KSH	129.65	1.725	32.14	20.29	1.07	1.24	41.34	8.74	2.79	0.022
☐	KKSH	33.65	4.52	125.6	12.64	1.18	7.74	26.75	19.8	2.84	0.29
☐	AK	44.475	0.46	14.14	9.54	1.01	31.42	25.06	24.11	2.82	0.0

Calculate

Figure 3 – Ore Selection for Calculation

Once the user clicks on «calculate», the results of the smelting calculations are displayed, showing the concentrations of various elements in the stein (metal product) and slag (byproduct). The results include the job ID, concentrations of Au, Ag, Cu, Fe, and S in the stein, as well as Silicon Dioxide (SiO₂), Calcium Oxide (CaO), Aluminum Oxide (Al₂O₃), and Iron Oxide (FeO) in the slag. This is illustrated in Figure 4.

For ease of use and analytical purposes, a history of simulation is saved. As seen in Figures 5 and 6, a detailed view of the stein and slag results from multiple jobs is saved. Each row corresponds to a specific job, showing the concentrations, the total weight of the stein, Cu, Fe, and S, along with the creation date of each job.

Explore data Calculations Results

Stein Results

Job	Gold	Silver	Weight	Copper	Iron	Sulfur	Created date
12.357365564874199		211.44581859186698	17.73625	63.88047078722955	-16.033547113961518	6.808090774543663	June 20, 2024, 11:18 a.m.

Slag Results

Job	SiO2	CaO	Al2O3	FeO	Weight	Created date
22.01696670467264		14.25956338455423	3.029320390380653	60.7291170110865	119.49875	June 20, 2024, 11:18 a.m.

Figure 4 – Calculation Results – Stein and Slag

Stein Results							
Job	Gold	Silver	Weight	Copper	Iron	Sulfur	Created date
6	3.0295356914331295	489.90498313849855	224.0681250000004	52.79198011765395	14.579550304176466	21.529166631800038	June 13, 2024, 6:32 p.m.
8	7.002320339690937	34.66115132952805	35.915	21.30029235695392	44.730613949603224	30.885423917583182	June 13, 2024, 7:03 p.m.
9	0.3165644856025451	813.853938276358	123.3725	66.4086404993009	4.2979594318020595	19.05813694299783	June 13, 2024, 10:34 p.m.
14	12.427433553051243	212.64474590686797	17.63625	64.24268197604366	-16.12445956481678	6.846693599829896	June 13, 2024, 10:35 p.m.
15	12.929072102352814	329.94001951642633	11.528749999999999	57.768621923452244	4.326141168817086	16.91423614875854	June 13, 2024, 10:35 p.m.
16	0.564521390233172	15.936333655961286	35.515625	30.183897932248133	38.42146942366916	29.501099868015835	June 13, 2024, 10:35 p.m.
17	7.002320339690937	34.66115132952805	35.915	21.30029235695392	44.730613949603224	30.885423917583182	June 13, 2024, 10:36 p.m.
19	6.982877551020406	34.56491045397751	36.015	21.241149521032902	44.60641399416909	30.799666805497704	June 19, 2024, 4:54 p.m.
20	12.357365564874199	211.44581859186698	17.73625	63.88047078722955	-16.033547113961518	6.808090774543663	June 20, 2024, 11:18 a.m.

Figure 5 – Detailed Stein Results

Slag Results						
Job	SiO2	CaO	Al2O3	FeO	Weight	Created date
6	35.09880328039144	9.064491813670784	6.3668785940875186	36.350315303711696	234.65187499999996	June 13, 2024, 6:32 p.m.
8	67.56032171581764	8.57908847184986	27.34584450402143	-80.8310991957103	3.7300000000000003	June 13, 2024, 7:03 p.m.
9	51.36714851880363	3.489863997947139	9.226470504376586	9.146229700502223	87.6825	June 13, 2024, 10:34 p.m.
14	25.383808294841952	1.341067789047142	3.492565033345795	70.01583300742722	103.64875	June 13, 2024, 10:35 p.m.
15	22.425961348196026	2.1106787151243322	5.0656289162983965	57.67523815805592	18.95125	June 13, 2024, 10:35 p.m.
16	88.52929662012265	9.395797990343205	26.099438862064456	-66.99539531328644	4.78937500000000015	June 13, 2024, 10:35 p.m.
17	67.56032171581764	8.57908847184986	27.34584450402143	-80.8310991957103	3.7300000000000003	June 13, 2024, 10:36 p.m.
19	12.870275791624106	81.56281920326863	5.209397344228805	-15.398365679264536	19.580000000000002	June 19, 2024, 4:54 p.m.
20	22.01696670467264	14.25956338455423	3.029320390380653	60.7291170110865	119.49875	June 20, 2024, 11:18 a.m.

Figure 6 – Detailed Slag Results

Discussion

The results demonstrate the effectiveness of the software in managing and processing complex chemical data to predict the composition and yield of both the stein and slag. By accurately utilizing the input data – such as elemental concentrations and ore weights – the mathematical model effectively simulates the smelting process under various conditions. The detailed tables and figures allow for thorough analysis of how different input parameters influence smelting outcomes, enabling users to optimize the composition of alloys and improve smelting efficiency. Each job's results provide insights into the distribution of valuable metals and the effectiveness of the smelting parameters used.

By providing a clear and organized interface for inputting data and selecting ores, the software simplifies the process of running smelting simulations. The ability to save and review the history of simulations allows users to track changes and improvements over time. The detailed output of elemental concentrations in both the stein and slag enables users to fine-tune the smelting process, thereby maximizing metal recovery and minimizing waste.

Overall, the software proves to be a valuable tool for the copper smelting industry, providing crucial insights into the smelting process and helping to optimize operations for better efficiency and sustainability.

Conclusion

The development of a comprehensive software solution for processing high-sulfur, copper-poor concentrates in the copper smelting industry addresses a critical challenge due to the depletion of high-grade ores and the rise of complex low-grade ores. These ores, rich in sulfur but low in copper, present significant challenges to traditional smelting processes, necessitating the need for more efficient and eco-friendly technologies. This project aims to optimize the smelting process by reducing metal losses and improving recovery rates of valuable metals from these challenging raw materials.

The research and development in this area have focused on various innovative technologies, such as high-temperature processes for the direct reduction of copper slag, complex technologies for depleting slag during the smelting of copper sulfide raw materials, and flotation enrichment methods. These approaches are essential for extracting valuable metals from slag and minimizing environmental impacts. For instance, the processing of rich converter and poor waste slags through

flotation enrichment has shown significant promise in industrial applications, effectively separating valuable metals and improving recovery rates.

The software solution developed in this project incorporates a comprehensive mathematical model to simulate the smelting process. It predicts the yields and material flows, allowing for optimization of the smelting operations. The software includes modules for ore input, smelting simulation, and results presentation, providing a user-friendly interface for analyzing the impact of various process parameters on smelting efficiency. By simulating different scenarios, the software helps identify potential improvements in the smelting process, enhancing the recovery of valuable metals and reducing waste.

The industrial relevance of this software is underscored by the ongoing development of large copper deposits, such as the Boshchekul and Aktogay deposits in Kazakhstan, which contain high-sulfur, low-copper ores. The ability to accurately simulate the smelting process and optimize the chemical composition of alloys is crucial for these operations, as it allows for better management of resources and adherence to environmental regulations. The software was tested on data collected from the Balkhash copper smelter factory. For more trials, further data was obtained by changing the values to gather experimental trial. The software correctly reflects the real data when simulated. This shows the practicality and accuracy of the system developed.

In conclusion, the software developed provides a valuable tool for the copper smelting industry, enabling more efficient processing of high-sulfur, copper-poor concentrates. By leveraging advanced simulation techniques, it addresses the dual challenges of improving metal recovery and reducing environmental impact, thus supporting the industry's transition towards more sustainable practices.

References

1. Guo Z. Innovative methodology for comprehensive and harmless utilization of waste copper slag via selective reduction-magnetic separation process / Z. Guo, J. Pan, D. Zhu, F. Zhang // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 187. – P. 910-922. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.264>.
2. Moskalyk P.R. Review of copper pyrometallurgical practice: today and tomorrow / P.R. Moskalyk, A.M. Alfantazi // *Minerals Engineering*. – 2003. – Vol. 16, Iss. 9. – P. 893-919. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2003.08.002>.
3. Bodujen A.Ja. Vliyanie povysheniya kachestva mednykh koncentratov na jeffektivnost' ih pererabotki (The effect of improving the quality of copper concentrates on the efficiency of their processing) / A.Ja. Bodujen, B.S. Ivanov, G.V. Konovalov // *Zapiski Gornogo instituta*. – 2011. – Vol. 192. – P. 46-48.
4. Danilova N.V. Raschet material'nykh potokov pirometallurgicheskogo cikla pererabotki mednogo sulfidnogo syr'ya (Calculation of material flows of the pyrometallurgical cycle of processing copper sulfide raw materials) / N.V. Danilova // *Zapiski Gornogo instituta*. – 2010. – Vol. 186. – P. 176-180.
5. Pirometallurgicheskaja tehnologija pererabotki bednyh po medi vysokosernistykh koncentratov (Pyrometallurgical technology of processing of poor by copper high-sulfur concentrates) / S.M. Kozhahmetov et al // *Metallurg*. – 2019. – № 9. – P. 90-96.
6. Innovative methodology for separating copper and iron from Fe-Cu alloy residues by selective oxidation smelting / Y.-x. Zheng et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 231. – P. 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.215>.
7. Bellemans I. Metal losses in pyrometallurgical operations – A review. / I. Bellemans, E. De Wilde, N. Moelans, K. Verbeken // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2018. – Vol. 255. – P. 47-63. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.08.001>.
8. Reduction of copper smelting slag using waste cooking oil / S. Zhou et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117668>.
9. Roshhin V.E. Kompleksnaja pererabotka medeplavil'nykh shlakov dlja poluchenija vostrebovannykh produktov (Integrated processing of copper-smelting slag for manufacture of needed products) / V.E. Roshhin, A.D. Povolockij // *Jelektrometallurgija*. – 2019. – № 4. – P. 25-34. <https://doi.org/10.31044/1684-5781-2019-0-4-25-34>.
10. Anikeev A.N. Tverdogaznoe i zhidkofaznoe vosstanovlenie shlakov (Solid-phase and liquid-phase reduction of slag). / A.N. Anikeev, V.V. Seduhin, D.V. Sergeev, I.V. Chumanov // *Jelektrometallurgija*. – 2019. – № 4. – P. 35-38. <https://doi.org/10.31044/1684-5781-2019-0-4-35-38>.

11. Reduction of Chilean copper slags: a case of waste management project / Gonzalea C. et al // Scandinavian Journal of Metallurgy. – 2005. – Vol. 34, Iss. 2. – P. 143-149. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0692.2005.00740.x>.
12. Komkov A.A. Raspredelenie primesej pri plavke mednogo sul'fidnogo syr'ja v pechi Vanjukova (Distribution of impurities during melting of copper sulfide raw materials in Vanyukov furnace) / A.A. Komkov, V.P. Bystrov, M.B. Rogachev // Cvetnye metally. – 2006. – № 5. – P. 17-24.
13. Obednenie otval'nyh shlakov Balhashskogo medeplavil'nogo zavoda (Depletion of waste slag of Balkhash copper smelter) / Kenzhaliev B.K. et al // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. – 2018. – № 3. – P. 45-53. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.16>.
14. Povyshenie tehnologicheskikh pokazatelej pererabotki otval'nyh shlakov medeplavil'nogo proizvodstva na osnove ih medlennogo ohlazhdeniya i ul'tratonkogo izmel'cheniya (Improvement of technological indices of copper smelters slags processing on the basis of their slow cooling and ultra-fine grinding) / S.V. Mamonov et al // Gornyj zhurnal. – 2018. – № 2. – P. 83-90. <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2018-2-83-90>.
15. Roy S. Flotation of copper sulphide from copper smelter slag using multiple collectors and their mixtures / S. Roy, A. Datta, S. Rehani // International Journal of Mineral Processing. – 2015. – Vol. 143. – P. 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2015.08.008>.
16. Mamonov S. Increasing technology indexes of beneficiation of copper slag / S. Mamonov, V. Ashikhin // XXVIII Int. Mineral Processing Congress Proceedings. – 2016. – Paper ID 676.
17. Karimi N. Recovery of copper from slag of Khatoonabad flash smelting furnace by flotation method / N. Karimi, R. Vaghar, M.R.T. Mohammadi, A.S. Hashemi // Journal of the Institution of engineering (India): Ser. D. – 2013. – Vol. 94, Is. 1. – P. 43-50. <https://doi.org/10.1007/s40033-013-0015-3>.
18. Technology and mechanism research for crystal phase regulating flotation of copper-containing slag / H. Huang et al // XXVIII Int. Mineral Processing Congress Proceedings. – 2016. – Paper ID 853.
19. Comparative analysis of pyrometallurgical processing methods for Udokan deposit' sulphide copper concentrates / L.B. Tsybulov et al // Proceedings of Copper. Santiago, Chile. – 2013. – Vol. 3. – P. 119-137.
20. Coursol P. Energy consumption in copper sulphide smelting. Proceedings of Copper / P. Coursol, P.J. Mackey, C.M. Diaz // Hamburg, Germany. – 2010. – Vol. 2. – P. 649-666.

Information about financing

This research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant № BR21882140).

Б.К. Кенжалиев¹, С.Ж. Айбагаров², С.Д. Бекеле^{2*}, С.А. Квятковский¹, М.А. Дюсебекова¹

¹Институт металлургии и обогащения, Satbayev University,
050010, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 29

²Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Аль-Фараби, 71

*e-mail: samsondawitb@gmail.com

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ, МАЛОМЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В МЕДЕПЛАВИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Истощение богатых медных руд и увеличение доли бедных руд с высоким содержанием серы создают значительные проблемы для медеплавильной промышленности. Традиционные плавильные процессы сталкиваются с трудностями поддержания экономической эффективности и соблюдения экологических норм при переработке таких сложных руд. В данной работе описывается разработка комплексного программного решения, предназначенного для моделирования процесса плавки высокосернистых, маломедных концентратов. Программное обеспечение использует подробную математическую модель для прогнозирования выхода и состава продуктов, включая ценные металлы, в процессе плавки. Оно интегрирует несколько модулей, таких как ввод данных о руде, симуляция плавки и представление результатов, предоставляя удобную платформу для оптимизации плавильных операций. В модель включены такие ключевые параметры, как состав руды, температура плавки и добавление флюса, что позволяет точно прогнозировать выход штейна и шлака. Анализ этих результатов помогает

оптимизировать извлечение металлов и сократить потери, что в конечном итоге повышает эффективность и устойчивость медеплавильного производства. Этот инструмент особенно актуален для крупных месторождений сульфидных медных руд, таких как в Казахстане, которые имеют высокое содержание серы и низкий уровень меди. Способность программного обеспечения моделировать различные сценарии обработки предоставляет ценные сведения для промышленного применения, поддерживая разработку более эффективных и экологически чистых технологий плавки. Комплексное программное решение не только решает технические проблемы переработки высокосернистых, маломедных руд, но и способствует усилиям отрасли по снижению экологического воздействия и улучшению управления ресурсами. Это инновационное решение представляет собой значительный шаг вперед в оптимизации медеплавильных операций, способствуя устойчивости и эффективности в условиях ухудшения качества руды.

Ключевые слова: медеплавка, высокосернистые руды, симуляция плавки, извлечение металлов, оптимизация.

Б.К. Кенжалиев¹, С.Ж. Айбагаров², С.Д. Бекеле^{2*}, С.А. Квятковский¹, М.А. Дүйсебекова¹

¹Металлургия және кен байыту институты, Satbayev University,
050010, Қазақстан, Алматы, Шевченко көшесі, 29

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан, Алматы, Әл-Фараби даңғылы, 71

КҮКІРТІ ЖОҒАРЫ, МЫСЫ АЗ КОНЦЕНТРАТТАРДЫ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН КЕШЕНДІ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ШЕШІМДІ ДАМУ

Жоғары сапалы мыс кендерінің азаюы және күкірт мөлшері жоғары, мыс мөлшері аз концентраттардың үлесінің артуы мыс қорыту өнеркәсібіне елеулі қиындықтар тудырады. Дәстүрлі қорыту процестері мұндай күрделі кендерді өңдеуде экономикалық тиімділікті сақтап қалуға және экологиялық нормаларды сақтауға қиындық туғызады. Бұл жұмыста күкірт мөлшері жоғары, мыс мөлшері аз концентраттарды қорыту процесін модельдеуге арналған кешенді бағдарламалық шешімді әзірлеу сипатталады. Бағдарламалық қамтамасыз ету қорыту процесінде алынған өнімдердің, соның ішінде құнды металдардың шығынын және құрамын болжауға арналған егжей-тегжейлі математикалық үлгіні пайдаланады. Бұл бағдарлама бірнеше модульдерді біріктіреді: кенді енгізу, қорыту симуляциясы және нәтижелерді көрсету, қорыту операцияларын оңтайландыру үшін ыңғайлы платформа ұсынады. Модельге кеннің құрамы, қорыту температурасы және флюс қосуды қоса алғанда маңызды параметрлер енгізілген, бұл штейн мен шлақтың шығуын дәл болжауға мүмкіндік береді. Осы нәтижелерді талдау металдарды алуды оңтайландыруға және шығындарды азайтуға көмектеседі, нәтижесінде мыс өндірудің тиімділігі мен тұрақтылығы артады. Бұл құрал Қазақстандағы сияқты күкірт мөлшері жоғары, мыс деңгейі төмен үлкен сульфидті мыс кен орындары үшін әсіресе өзекті. Бағдарламалық қамтамасыз етудің әртүрлі өңдеу сценарийлерін модельдеу мүмкіндігі өнеркәсіптік қолдану үшін құнды түсініктер береді және қорыту технологияларын неғұрлым тиімді және экологиялық таза етуге қолдау көрсетеді. Кешенді бағдарламалық шешім күкірт мөлшері жоғары, мысы аз рудаларды өңдеудің техникалық мәселелерін шешіп қана қоймай, саланың экологиялық әсерді азайту және ресурстарды басқаруды жақсарту жөніндегі күш-жігеріне де ықпал етеді. Бұл инновация мыс қорыту операцияларын оңтайландырудағы маңызды қадам болып табылады, кен сапасының төмендеуіне қарамастан, тұрақтылық пен тиімділікті арттыруға ықпал етеді.

Түйін сөздер: мыс қорыту; күкіртті жоғары рудалар; қорыту симуляциясы; металл алу; оңтайландыру.

Information about the authors

Bagdaulet Kenzhaliyevich Kenzhaliyev – Doctor of Technical Sciences, General Director-Chairman of the Management Board of the Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation; Satbayev University, Kazakhstan; e-mail: bagdaulet_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>.

Serik Zhumagireyevich Aibagarov – Bachelor student, Researcher, Department of Artificial Intelligence and Big Data; Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan; e-mail: awer1307dot@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9338-5115>.

Samson Dawit Bekele* – Bachelor student, Researcher, Department of Computer Science; Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan; e-mail: samsondawitb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9719-4343>.

Sergey Arkadyevich Kvyatkovskiy – Doctor of Technical Sciences, Chief of the Laboratory of Pyrometallurgy, Heavy Non-Ferrous Metals, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation; Satbayev University, Kazakhstan; e-mail: s.kvyatkovskiy@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9686-8642>.

Maral Adelbekovna Dyussebekova – PhD, Junior Researcher of the Laboratory of Pyrometallurgy, Heavy Non-Ferrous Metals, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation; Satbayev University, Kazakhstan; e-mail: m.dyussebekova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4359-9784>.

Информация об авторах

Багдаулет Кенжалиевич Кенжалиев – Доктор технических наук, Генеральный директор – председатель правления Института металлургии и обогащения руд; Университет Сатпаева, Казахстан. e-mail: bagdaulet_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>.

Серик Жумагиреевич Айбагаров – студент бакалавриата, Исследователь, Кафедра искусственного интеллекта и больших данных; Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Казахстан; e-mail: awer1307dot@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9338-5115>.

Самсон Давид Бекеле* – Студент бакалавриата, исследователь, кафедра компьютерных наук; Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Казахстан; e-mail: samsondawitb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9719-4343>.

Сергей Аркадьевич Квятковский – доктор технических наук, заведующий лабораторией пирометаллургии тяжелых цветных металлов, Институт металлургии и обогащения руд; Университет Сатпаева, Казахстан; e-mail: s.kvyatkovskiy@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9686-8642>.

Марал Адельбековна Дюсебекова – PhD, Младший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии тяжелых цветных металлов, Институт металлургии и обогащения руд; Университет Сатпаева, Казахстан; e-mail: m.dyussebekova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4359-9784>.

Авторлар туралы ақпарат

Багдаулет Кенжалиевич Кенжалиев – Техника ғылымдарының докторы, Металлургия және кен байыту институтының Бас директоры – Басқарма төрағасы; Сәтбаев университеті, Қазақстан; e-mail: bagdaulet_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>.

Серик Жумагиреевич Айбагаров – Бакалавриат студенті, Зерттеуші, Жасанды интеллект және үлкен деректер кафедрасы; Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: awer1307dot@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9338-5115>.

Самсон Давид Бекеле* – бакалавриат студенті, зерттеуші, Компьютерлік ғылымдар кафедрасы; Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: samsondawitb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9719-4343>.

Сергей Аркадьевич Квятковский – Техника ғылымдарының докторы, Ауыр түсті металдардың пирометаллургия зертханасының меңгерушісі, Металлургия және кен байыту институты; Сәтбаев университеті, Қазақстан; e-mail: s.kvyatkovskiy@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9686-8642>.

Марал Адельбековна Дүйсебекова – Философия докторы (PhD), Ауыр түсті металдардың пирометаллургия зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Металлургия және кен байыту институты; Сәтбаев университеті, Қазақстан; e-mail: m.dyussebekova@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4359-9784>.

Received 23.10.2024

Revised 20.11.2024

Accepted 21.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-12](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-12)

IRSTI: 55.03.11



A.B. Shynarbek^{1,2*}, R.K. Kusainov², A.Zh. Zhasulan^{1,2}, K.D. Ormanbekov^{1,2}, N.E. Kadyrbolat¹

¹Semey Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka St., 20A

²Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya St., 4v

*e-mail: aibeek-99@list.ru

OPTIMIZATION OF ELECTRIC ARC METALLIZATION PARAMETERS TO IMPROVE THE PROPERTIES OF 30KhGSA STEEL COATINGS IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY

This paper discusses the optimization of arc spraying parameters to improve the properties of 30KhGSA steel coatings, which are widely used in the automotive industry. The use of high-strength steels such as 30KhGSA is driven by the need to improve safety, energy efficiency and reduce emissions. The paper examines in detail the effects of compressed air pressure, temperature and other spraying parameters on the quality of the coatings. The use of the supersonic arc spraying method made it possible to obtain coatings with improved mechanical properties such as hardness, wear resistance and adhesion strength. The experiments were carried out using an electron microscope to analyze the cross-section of the coatings, as well as a profilometer to assess the surface roughness. The results demonstrate that increasing the compressed air pressure helps to reduce roughness and increase the hardness of the coating. The paper emphasizes the importance of optimizing the metallization parameters to improve the efficiency of protective coatings under high operating conditions in the automotive industry.

Key words: arc spraying, coating, steel surfacing wire, wear resistance, adhesion, hardness.

Introduction

The automotive industry is under increasing pressure to adopt advanced high-strength steels to meet the growing demand for improved safety, energy efficiency, and reduced emissions [1]. One such material that has attracted the interest of researchers and industry professionals is 30KhGSA steel, a high-strength, low-alloy steel characterized by unique chemical composition and microstructural features [2, 3]. Electric arc spraying, a thermal spraying method, has emerged as a promising method for applying protective coatings to these steel surfaces [3].

Damaged crankshafts, often caused by wear, can be restored to functionality using a variety of methods, including hard chrome plating. This process improves the surface hardness, wear resistance, and corrosion resistance of the crankshaft, thereby extending its service life. However, environmental and health concerns associated with chrome plating have led to the exploration of alternative coating methods, such as electric arc spraying. This method uses compressed air to deliver droplets of molten metal onto a substrate, creating a protective coating with the desired mechanical and tribological properties [4, 5]. The aim of this research is to study the effect of compressed air on the properties of 30KhGSA steel coatings obtained using electric arc spraying.

Materials and research methods

In the experiment, the EDM-5U electric arc metallizer shown in Figure 1 was used to obtain the coating. Steel grade 45 was used as a substrate, and the diameter of the 30KhGSA steel wire was 1.6 mm. Before spraying, the samples were sandblasted. The coating application modes are given in Table 1.

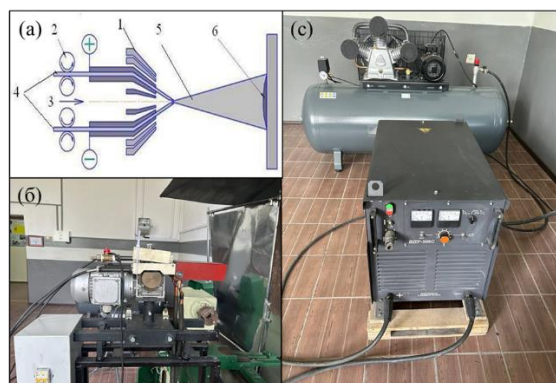


Figure 1 – a) Flow chart of electric arc metallization (1 – metallizer body; 2 – wire feed mechanism; 3 – air supply channel; 4 – electrode wires; 5 – electric arc with sprayed wire particles; 6 – sprayed coating) b) external view of the gun; c) external view of the source and compressor.

Table 1 – Modes of applying 30KhGSA coatings by electric arc metallization

Sample	Voltage, V	Current, A	Wire feed speed, cm/s	Compressed air pressure, atm	Spray distance, mm	Spray time, sec
№ 1	42	300	16	7	15	15
№ 2				8		
№ 3				9		

A JSM-6390 LV JEOL electron microscope was used to study the cross-section of the coatings. The roughness of the coatings was measured using an Anytester HY2300 profilometer. The microhardness of the created coatings was determined by the cross-section using a Vickers HLV-1DT microhardness meter with an indenter load of 0.2 N and a holding time of 10 seconds. The tribological properties of the coatings were studied using an Anton Paar TRB3 tribometer.

The adhesion strength of the coatings was assessed using the pin method [6]. The essence of the method is that when a load is applied, the coating is torn off from the substrate, while the force required for tearing is recorded. To assess the adhesive strength using the pin method, samples were prepared (see Fig. 2) consisting of a pin and a substrate equipped with a gripping device with a hole and a fastener for fixing the pin. The sample design used a washer with a hole in which a pin was installed so that its end surface was flush with the outer plane of the washer. The coating was applied to the common surface of the end of the pin and the washer. To prevent the pin from falling out during spraying, it was fixed with a screw. The pin was torn off the substrate using a universal tensile testing machine WDW-100 kN. The adhesion strength was determined as the ratio of the maximum force at which the coating was torn off to the area of the end of the pin.

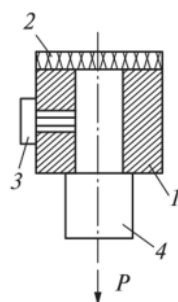


Figure 2 – Testing the adhesion strength of coatings using the pin method:
a) Schematic diagram of the manufactured sample: 1 – substrate (45 steel); 2 – coating;
3 – retainer; 4 – pin

Results and discussion

Figure 3 shows the scanning electron microscope (SEM) images showing the cross-sections of the coatings produced by the supersonic arc metallization method. It can be seen from Figures 3a, b, c that the coating thickness varies. With increasing compressed air pressure, the effective spraying efficiency decreased, probably due to the decrease in particle size. The coating thickness

values are given in Table 2. It can also be seen that with increasing compressed air pressure, the coatings become denser and less porous.

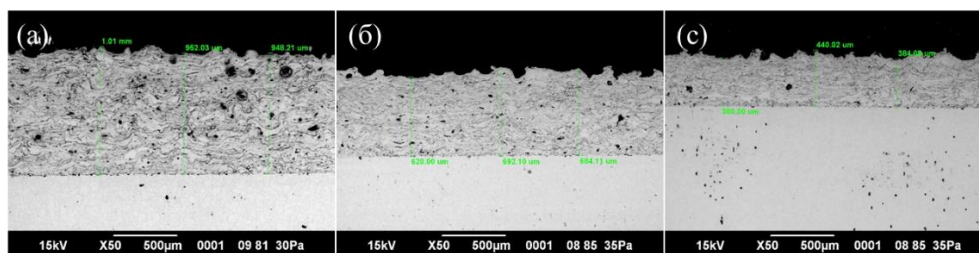


Figure 3 – SEM images of cross sections of samples

Table 2 – Coating thickness

Sample	№ 1	№ 2	№ 3
Coating thickness, μm	966,78 $\pm$ 22,21	665,4 $\pm$ 30,27	401,36 $\pm$ 25,77

Studies have shown that the surface roughness of coatings produced by supersonic arc metallization (SAM) decreases with increasing compressed air pressure. The roughness was measured using the Ra parameter, which is the arithmetic mean deviation of the surface profile. According to the data, an increase in pressure contributes to a decrease in the Ra index: for sample № 1 it is 20,054 μm , for sample № 2 – 19,16 μm , and for sample № 3 – 14,358 μm . This is due to the fact that an increase in pressure increases the kinetic energy of the coating particles, which leads to their stronger impact on the substrate and a denser, more uniform distribution of the material. A higher particle velocity improves their sintering and merging both with each other and with the substrate, which reduces the number of microvoids and irregularities. In addition, more efficient spraying at increased pressure contributes to a uniform distribution of particles and the formation of a smooth surface with smaller height deviations [7-10].

Figure 4a shows that the hardness of the coatings obtained by the supersonic arc metallization method is higher than that of steel 45. With an increase in compressed air pressure, the hardness of the coatings also increases. It should be noted that the steel wire of the 30KhGSA brand used for spraying has a higher hardness compared to steel 45, amounting to 289 HV and 204 HV, respectively. It is noteworthy that the hardness of the coatings exceeds the hardness of the original wire. Sample № 1, processed at a compressed air pressure of 7 atm, has a hardness of 309,33 $\pm$ 13,89 HV; sample № 2, at a pressure of 8 atm – 314,2 $\pm$ 12,1 HV; and sample № 3, at a pressure of 9 atm – 331 $\pm$ 10,32 HV.

The increase in the coating hardness compared to the original 30KhGSA wire after supersonic arc metallization is explained by the fact that upon contact with the substrate, the metal particles are subjected to rapid cooling due to a cold jet of compressed air, which contributes to their instantaneous hardening [11, 12]. The increase in hardness with increasing compressed air pressure is due to the fact that with greater kinetic energy, the density of the coatings increases. The density of the sprayed metal depends on the speed of the particles before impact and their dispersion: the smaller the particle size, the higher the hardness, and the dispersion increases with increasing compressed air pressure.

Figure 4b shows the results of determining the friction coefficient. The obtained values are as follows: steel 45 – 0,472; sample № 1 – 0,538; sample № 2 – 0,528; sample № 3 – 0,523. These results demonstrate that with an increase in compressed air pressure, it is possible to improve the wear resistance of the coatings. With an increase in compressed air pressure, the average pore size decreases, which helps to improve the antifriction properties of the coatings.

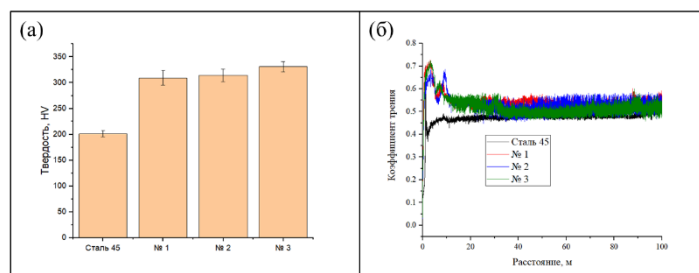


Figure 5 – Results of tribomechanical tests of coatings: hardness (a); coefficient of friction (b)

When testing the adhesion strength of the coatings using the pin method, an adhesive rupture occurred in all samples, indicating the presence of a clear interface between the substrate and the coating. This means that the adhesion strength between the coating and the substrate was lower than the cohesive strength of the coating particles. Table 5 presents the results of the study of the adhesion strength of the coatings, which show that with an increase in compressed air pressure, the adhesion strength increases. Sample № 3, sprayed at a compressed air pressure of 9 atm, demonstrated the best results. This is due to the fact that higher pressure contributes to an increase in the kinetic energy of the particles, which leads to a stronger penetration of the coating particles into the surface of the substrate.

Table 3 – Results of coating adhesion strength tests

Samples	Coating adhesion strength, MPa
№ 1	15,43±2,11
№ 2	18,55±1,65
№ 3	22,32±0,95

Conclusion

This study examined the influence of various parameters of the supersonic arc metallization process on the properties of protective coatings made of 30KhGSA steel. Particular attention was paid to changing the compressed air pressure and its effect on the mechanical and tribological properties of the coating, such as hardness, adhesion and wear resistance. The results confirm that optimization of metallization parameters can significantly improve the performance characteristics of coatings, making them suitable for use under high load conditions, which is especially important for the automotive industry.

Based on the analysis, the following conclusions were made:

1. Increasing the compressed air pressure during spraying significantly improves the quality of the coating. With increasing pressure, the porosity and roughness of the coating decreases, and the density and homogeneity of the distribution of particles on the substrate surface increases.
2. The maximum mechanical properties of the coating, such as hardness and wear resistance, were achieved at a compressed air pressure of 9 atm. This pressure also ensured the best results in terms of the adhesive strength of the coating, which is due to the increased kinetic energy of the particles and their stronger penetration into the substrate.
3. Experiments confirmed that increasing the compressed air pressure increases the speed of the particles, which leads to better fusion of the coating particles with the substrate and a decrease in the number of microvoids. This improves the mechanical properties of the coating and its resistance to wear and corrosion, which is especially important for parts subject to high loads.
4. The results of the work show that optimizing the parameters of supersonic arc metallization can significantly improve the performance characteristics of the coatings. This opens up prospects for further application of this method in the restoration and protection of parts such as crankshafts and transmission components operating in difficult conditions. The results obtained can be used to optimize the parameters of the supersonic arc metallization process in order to improve the characteristics of protective coatings in mechanical engineering and other industries.

References

1. Hong K.M. Prospects of laser welding technology in the automotive industry: A review / Hong K.M., Shin Y.C. // Journal of Materials Processing Technology. – 2017. – T. 245. – R. 46-69. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.02.008>. (In English).
2. Microstructure Characteristics of Resistance Spot Welded High Al-Added Light Weight Steels / Y.H. Jiang et al // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd. – 2020. – T. 1001. – R. 133-138. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1001.133>. (In English).
3. Schmitt J.H. New developments of advanced high-strength steels for automotive applications / Schmitt J.H., Jung T. // Comptes Rendus. Physique. – 2018. – T. 19, № 8. – R. 641-656. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2018.11.004>. (In English).

4. Post-processing of direct metal deposited AlCrCoCuFeNi HEA using centrifugal barrel finishing / T. Modikwe et al // MATEC Web Conf. – 2022. – Vol. 370. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237006007>. (In English).
5. Krivchikov S.Y. Modern technologies of arc surfacing crankshafts / S.Y. Krivchikov, A.P. Zhudra, V.V. Petrov // Welding international. – 1995. – T. 9, № 1. – R. 44-46. <https://doi.org/10.1080/09507119509548751>. (In English).
6. Ibatullin I.D. Pribory i metody otsenki kachestva pokrytii / Ibatullin I.D., Karlova M.D., Zagidullina D.R. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2016. – T. 18, № 4-2. – S. 291-296. (In Russian).
7. Bodnya I.S. Analiz teplovykh rezhimov perednei kompozitnoi kromki kryla malorazmernogo aehrokosmicheskogo apparata / I.S. Bodnya, V.P. Timoshenko // Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii. – 2018. – № 9 (81). – S. 6. (In Russian).
8. Sravnitel'nyi analiz fiziko-mekhanicheskikh svoistv pokrytii, nanesennykh sposobami ehlektrodugovoi i giperzvukovoi metallizatsii / F.I. Panteleenko i dr. // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. – 2019. – № 4. – S. 48-54. (In Russian).
9. Vliyanie davleniya raspylyayushchego vozdukha pri vysokoskorostnom napylenii gazotermicheskogo pokrytiya iz vysokokhromistoi stali na ego strukturu i iznosostoikost' / E.V. Astrashab i dr. // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. – 2018. – № 4. – S. 51-57. (In Russian).
10. Issledovanie vliyaniya rezhimov ehlektro-dugovogo napyleniya na strukturu i svoistva psevdosplavnykh pokrytii / YU.S. Borisov i dr. // Avtomaticheskaya svarka. – 2013. – № 12. – S. 11-17. (In Russian).
11. Saifullin R.N. Otsenka prochnosti stsepleniya pokrytii, poluchennykh ehlektrokontaktnoi privarkoi setki, v zavisimosti ot rezhimov privarki / R.N. Saifullin, A.P. Pavlov // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye nauki. – 2013. – № 3. – S. 91-96. (In Russian).
12. Vliyanie tekhnologicheskikh rezhimov napyleniya zashchitnykh pokrytii na fiziko-mekhanicheskie i korroziionnye svoistva / M.V. Ushakov i dr. // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2023. – № 2. – S. 584-590. (In Russian).

Information about financing

The work was carried out within the framework of the project of garnet financing of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan AP14871373 «Development of supersonic arc metallization technology for restoration of worn surfaces of crankshafts of internal combustion engines».

**А.Б. Шынарбек^{1,2*}, Р.К. Құсайынов², А.Ж. Жасұлан^{1,2}, К.Д. Орманбеков^{1,2},
Н.Е. Қадырболат¹**

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
²«Қатайтатын технологиялар және жабындар» инженерлік орталығы,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., дене шынықтыру к-сі, 4в
*e-mail: aibeek-99@list.ru

АВТОМОБИЛЬ ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ 30ХГСА БОЛАТ ЖАБЫНДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСARTY ҮШІН ЭЛЕКТР ДОҒАЛЫҚ МЕТАЛДАНДЫРУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Бұл мақалада автомобиль өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын 30хгс Болат жабындарының қасиеттерін жақсарту үшін электр доғасын металдандыру параметрлерін оңтайландыру қарастырылады. 30ХГСА сияқты жоғары беріктігі бар болаттарды пайдалану қауіпсіздікті, энергия тиімділігін арттыру және шығарындыларды азайту қажеттілігіне байланысты. Мақалада қысылған ауа қысымының, температураның және басқа бүрку параметрлерінің жабын сапасына әсері егжей-тегжейлі қарастырылады. Дыбыстан жоғары доғалық металдандыру әдісін қолдану қаттылық, тозуға төзімділік және жабысқақ беріктік сияқты жақсартылған механикалық қасиеттері бар жабындарды алуға мүмкіндік берді. Тәжірибелер жабындардың келденең қимасын талдау үшін электронды микроскопты, сондай-ақ бетінің кедір-бұдырын бағалау үшін профометрді қолдану арқылы жүргізілді. Нәтижелер Сығылған ауа қысымының жоғарылауы кедір-бұдырдың төмендеуіне және жабынның қаттылығының жоғарылауына ықпал ететінін көрсетеді. Мақала автомобиль өнеркәсібінде жоғары пайдалану жағдайында қорғаныс жабындарын қолдану тиімділігін арттыру үшін металдандыру параметрлерін оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: электр доғасын металдандыру, қаптау, Болат беткі сым, тозуға төзімділік, адгезия, қаттылық.

**А.Б. Шынарбек^{1,2*}, Р.К. Кусаинов², А.Ж. Жасулан^{1,2}, К.Д. Орманбеков^{1,2},
Н.Е. Қадырболат¹**

¹ Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

² Инженерный центр «Упрочняющие технологии и покрытия»,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4в

*e-mail: aibeek-99@list.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ СТАЛИ 30ХГСА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: В статье исследуются параметры электродуговой металлизации для оптимизации свойств защитных покрытий из стали 30ХГСА, которая играет ключевую роль в автомобильной промышленности благодаря своей высокой прочности и низкой легированности. В условиях растущих требований к повышению безопасности, энергоэффективности и снижению вредных выбросов, такие материалы становятся всё более востребованными. Основное внимание уделяется влиянию давления сжатого воздуха на качество покрытий, наносимых методом сверхзвуковой дуговой металлизации. Эксперимент проводился с использованием стали 45 в качестве подложки и проволоки 30ХГСА диаметром 1,6 мм. Для оценки влияния различных режимов металлизации были проанализированы такие параметры, как напряжение, ток, скорость подачи проволоки, давление сжатого воздуха и расстояние распыления. В качестве методов исследования использовались электронный микроскоп JSM-6390 LV JEOL для анализа поперечных сечений покрытий, профилометр Anytester HY2300 для оценки шероховатости и трибометр Anton Paar TRB3 для изучения трибологических характеристик. Полученные данные показали, что увеличение давления сжатого воздуха приводит к значительному уменьшению пористости и шероховатости покрытия, повышению его твердости и износостойкости. Особенно важным результатом стало улучшение адгезионной прочности покрытия при давлении 9 атм, что связано с более плотным и равномерным распределением частиц. Исследования также показали, что повышение кинетической энергии частиц способствует лучшему слиянию покрытия с подложкой и увеличению эксплуатационных свойств покрытия, таких как стойкость к износу и коррозии. Эти результаты подчеркивают значимость оптимизации параметров сверхзвуковой дуговой металлизации для создания высокоэффективных защитных покрытий, применяемых в условиях интенсивных нагрузок, что особенно актуально для деталей автомобильных двигателей и трансмиссий.

Ключевые слова: электродуговая металлизация, покрытие, стальная наплавочная проволока, износостойкость, адгезия, твердость.

Information about the authors

Aibek Bakytzhan Shynarbek* – Doctoral student in the specialty «Mechanics and metalworking»; NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Researcher of the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Rinat Kenzheevich Kusainov – Head of the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings», Semey, Kazakhstan; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-4761>.

Ainur Zhasulanovna Zhasulan – Master of Natural Sciences, NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Senior Researcher of the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Kuanysht Dauletovich Ormanbekov – Master of Technical Sciences, NAO «Shakarim University of Semey», Republic of Kazakhstan; Senior Researcher, Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Nurlat Erboluly Kadyrbolat – student of the specialty «Heat Power Engineering» at Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: ersinnur44@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек* – «Механика және металл өңдеу» мамандығының докторанты; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «Бекітуші технологиялар мен жабындар» инженерлік орталығының ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Ринат Кенжеұлы Құсаинов – «Бекітуші технологиялар мен жабындар» инженерлік орталығының жетекшісі, Семей қаласы, Қазақстан; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-4761>.

Айнұр Жасұланқызы Жасұлан – жаратылыстану ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «Бекітуші технологиялар мен жабындар инженерлік орталығының» аға ғылыми қызметкері; e-mail: ainur.99.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Қуаныш Дәулетұлы Орманбеков – техника ғылымдарының магистрі; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы; «Бекітуші технологиялар мен жабындар инженерлік орталығының» кіші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Нұрлат Ерболұлы Қадырболат – Семей қаласындағы Шәкәрім атындағы университетінің «Жылу энергетикасы» мамандығының студенті, Қазақстан; e-mail: ersinnur44@gmail.com.

Сведения об авторах

Айбек Бақытжан Шынарбек* – докторант специальности «Механика и металлообработка»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Научный сотрудник Инжинирингового центра «Упрочняющие технологий и покрытия»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – руководитель Инжинирингового центра «Упрочняющие технологий и покрытия», г. Семей, Казахстан; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-4761>.

Айнұр Жасулановна Жасулан – магистр естественных наук НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; Старший научный сотрудник Инжинирингового центра «Упрочняющие технологий и покрытия»; 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; Старший научный сотрудник Инжинирингового центра «Упрочняющие технологий и покрытия»; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru.

Нұрлат Ерболұлы Қадырболат – студент специальности «Теплоэнергетика» Университета имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: ersinnur44@gmail.com.

Received 08.09.2024

Revised 10.10.2024

Accepted 11.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-13](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-13)

MPHTI: 55.55.99



А.С. Жакупов, Е.Б. Алжанов*

JAS Engineering,

050035, Республика Казахстан, г. Алматы, Рыскулова 166/2

*e-mail: erkosh911@gmail.com

ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО МАЛОГАБАРИТНОЙ СПЕЦТЕХНИКИ (МИНИ-ТРАКТОРЫ, МИНИ-ФРОНТАЛЬНЫЕ ПОГРУЗЧИКИ)

Аннотация: В данной статье рассматривается производство малогабаритной спецтехники, в частности мини-тракторов и мини-погрузчиков. Основное внимание уделено актуальности использования таких машин в условиях ограниченных пространств и специфики малых хозяйств. Приведены ключевые аспекты разработки и проектирования мини-техники, обсуждаются используемые материалы и производственные процессы. Описаны результаты исследований по эффективности малогабаритной техники в сельскохозяйственной и строительной сферах, их экономическая выгода, экологическая безопасность и практическая ценность. На основе проведенных исследований делаются выводы о необходимости и перспективах развития малогабаритной спецтехники как эффективного решения для малого бизнеса и частных хозяйств и снижения импортозависимости Республики Казахстан.

В статье также рассматриваются экономические выгоды малогабаритной техники, связанные с сокращением эксплуатационных затрат, повышением производительности и адаптацией к нуждам малого бизнеса и частных хозяйств.

Авторы приводят результаты исследований, демонстрирующие эффективность использования малогабаритной техники в различных отраслях экономики, включая

сельское хозяйство, строительство и коммунальное обслуживание. На основе проведённых исследований делаются выводы о необходимости дальнейшего развития и локализации производства малогабаритной спецтехники в Казахстане с целью снижения импортозависимости и поддержки отечественных производителей. В статье также подчёркиваются перспективы использования таких машин как важного элемента модернизации сельского хозяйства и повышения конкурентоспособности малого бизнеса, что способствует устойчивому экономическому развитию Республики Казахстан.

Ключевые слова: малогабаритная спецтехника, коммунальная спецтехника, строительная спецтехника, садово-огородная спецтехника, производственные процессы, экономическая выгода.

Введение

Современные требования к сельскохозяйственной и строительной технике ставят акцент на повышение производительности и эффективности работ при минимальных затратах ресурсов. Малогабаритная спецтехника, такая как мини-тракторы и мини-погрузчики, играет ключевую роль в обеспечении экономической эффективности малых и средних предприятий, а также частных хозяйств. В условиях ограниченных пространств и специфики небольших хозяйств, компактные и маневренные машины становятся необходимыми для повышения производительности и минимизации затрат на обслуживание.

В ежегодном послании Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Экономический курс Справедливого Казахстана» было подчеркнуто, что серьезной проблемой для страны является изношенность машинно-тракторного парка, достигшая 80%. Президент и депутаты не раз обращали внимание на необходимость решения проблем в сельском хозяйстве, акцентируя внимание на современных технологических решениях для поддержки аграрного сектора. Важно развивать и поддерживать отечественных производителей во всех сферах экономики, чтобы создать производственные циклы, которые помогут снизить зависимость от импорта и обеспечат доступность спецтехники для аграриев. Особенно остро эти вопросы стоят перед малыми сельскохозяйственными предприятиями, которые ограничены в финансовых возможностях и доступе к сервису, что затрудняет обновление их машинно-тракторного парка. Одним из решений проблемы является развитие отечественного производства малогабаритной спецтехники, такой как мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики, которая доступна по цене и функционально подходит для малых аграриев.

Условия и методы исследования

Исследование проводилось на базе анализа текущего состояния отечественного производства малогабаритной сельскохозяйственной техники в Казахстане. В процессе использовались статистические данные Министерства сельского хозяйства, анализировались публикации в прессе, а также материалы о текущем состоянии и проблемах агропромышленного комплекса страны. Были учтены результаты исследований по развитию отечественного машиностроения и его влиянию на аграрный сектор. Основное внимание было уделено экономическим аспектам производства малогабаритной спецтехники и оценке её доступности для малых аграриев.

В рамках исследования были использованы статистические данные Министерства сельского хозяйства, анализ публикаций о текущем состоянии агропромышленного комплекса и отечественного машиностроения. Дополнительно проводились исследования самой техники, включая анализ технических характеристик мини-тракторов и мини-фронтальных погрузчиков, производимых в Казахстане. Были выявлены проблемы и предложены возможные улучшения конструкции техники с учётом специфики казахстанских сельскохозяйственных условий.

Тестирование техники проводилось в реальных условиях на фермерских хозяйствах, где производилось наблюдение за её эксплуатацией, сбор данных по производительности, надёжности и удобству обслуживания. В процессе тестирования осуществлялись измерения параметров работы техники, таких как расход топлива, производительность при выполнении различных сельскохозяйственных задач (вспашка, уборка, перевозка), а также оценивалось её влияние на снижение физической нагрузки на работников хозяйств [1]. Полученные

результаты позволили сделать выводы о необходимости дальнейшего совершенствования конструкций для повышения эффективности и долговечности техники в условиях казахстанских климатических и эксплуатационных особенностей.

Результаты исследований

Исследование показало, что на текущий момент в Казахстане практически отсутствуют производители отечественной малогабаритной сельскохозяйственной техники, такой как мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики. Основную часть рынка занимает импортная техника, которая предлагается по высокой цене, что делает её недоступной для большинства малых аграриев и фермеров. Более того, несмотря на высокую стоимость, такие машины часто не адаптированы к специфическим условиям казахстанского сельского хозяйства.

Ещё одной серьёзной проблемой является сложность с доступом к комплектующим для импортной техники. При поломке возникают задержки из-за необходимости ожидания поставок запчастей из-за рубежа, что приводит к длительным простоям и снижению производительности фермерских хозяйств. Далеко не всегда в сельских регионах имеются квалифицированные сервисные центры, способные оперативно выполнять ремонт сложной импортной техники. Это создаёт дополнительные барьеры для использования машин в отдалённых районах и негативно сказывается на производительности мелких сельскохозяйственных предприятий.

Таким образом, отсутствие отечественного производства и зависимость от импортных поставок серьёзно ограничивают возможности для модернизации машинно-тракторного парка аграриев.

Исследование выявило отсутствие отечественного производства мини-тракторов и мини-фронтальных погрузчиков, что вынуждает аграриев полагаться на дорогую импортную технику. В связи с высокой стоимостью и трудностями с доступностью комплектующих для ремонта, импортные машины часто становятся непригодными для эксплуатации при поломке, что особенно критично для малых фермерских хозяйств.

Однако в ходе проведённых исследований был достигнут значительный прогресс в области конструирования отечественных мини-тракторов и мини-фронтальных погрузчиков. Анализ технических и технологических параметров позволил обосновать и выбрать оптимальные конструкции, что существенно улучшило эксплуатационные характеристики этих машин.

В частности, была разработана и обоснована оптимальная конструкция мини-трактора, учитывающая требования полевых условий в Казахстане (рис. 1, 2). Новизна подхода проявилась в тщательном анализе технологических параметров и условий эксплуатации, что позволило создать технически продвинутое сельскохозяйственное средство, адаптированное к выполнению различных агротехнических операций. Подготовлена эскизная документация, а также инструкция по эксплуатации для пользователей, что упрощает освоение техники фермерами.

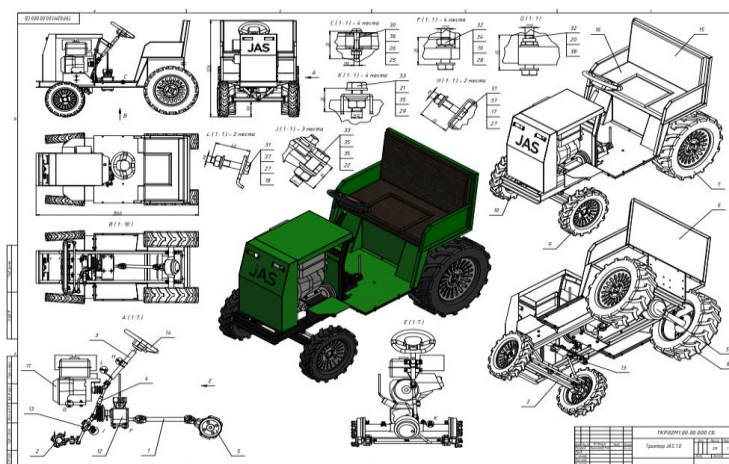


Рисунок 1 – Мини-трактора

Развитие отечественного производства позволит существенно снизить импортозависимость страны от дорогостоящих зарубежных аналогов. Расширение линейки

производства спецтехники, включая мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики, обеспечит доступность техники по более низкой цене, что особенно важно для малых и средних фермерских хозяйств [12]. Внедрение экологических стандартов и современных технологических решений в процесс производства также будет способствовать соответствию продукции международным требованиям и стандартам, что откроет новые перспективы для экспорта казахстанской техники.

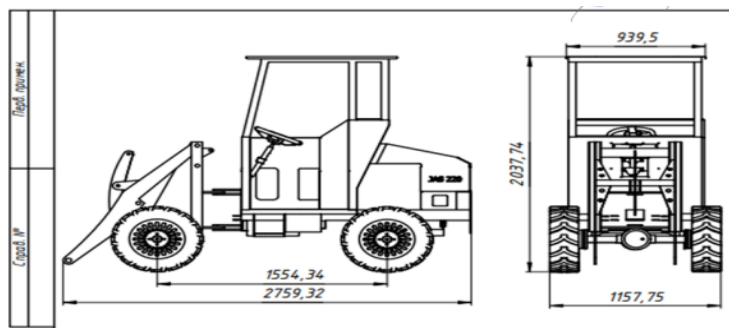


Рисунок 2 – Мини-фронтальный погрузчик

Таким образом, создание отечественного цикла производства спецтехники станет важным фактором не только для поддержки аграрного сектора, но и для развития коммунального и строительного хозяйства страны, что в конечном итоге повысит конкурентоспособность казахстанской экономики на мировом рынке.

Что касается мини-фронтальных погрузчиков, в их конструкции были установлены гидравлические системы, которые обеспечивают повышенную эффективность при погрузочных и разгрузочных работах.

Особое внимание уделено кабине оператора: она была модернизирована в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза (ТР ТС) № 031/2012, что повышает комфорт и безопасность оператора при эксплуатации техники [6].

В результате всех проведённых разработок и испытаний, созданные машины получили сертификат соответствия «СТ KZ – 74,2%», что подтверждает их казахстанское происхождение, а также сертификат ЕАЭС, обеспечивающий возможность их использования и продажи на пространстве Евразийского экономического союза. Эти достижения являются важным шагом в развитии отечественного производства и повышении доступности современной сельскохозяйственной техники для казахстанских фермеров.

Развитие отечественного производства малогабаритной спецтехники, таких как мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики, является важнейшей задачей для поддержки сельского хозяйства Казахстана, особенно для малых аграриев. Эти машины способны значительно повысить производительность труда, снизить физическое напряжение и улучшить условия ведения сельского хозяйства в удалённых регионах страны. Ключевым преимуществом отечественной техники является её адаптация к местным условиям и потребностям, что делает её более надёжной и доступной в эксплуатации по сравнению с импортными аналогами [9].

Импортная техника зачастую требует более сложного обслуживания, а её ремонт в удалённых районах становится практически невозможным из-за трудностей с поставками запчастей и отсутствием квалифицированного сервиса. Это приводит к вынужденным простоям и снижению производительности фермерских хозяйств. Отечественная техника, разработанная с учётом условий эксплуатации в Казахстане, не только обеспечивает более простое обслуживание, но и способствует минимизации простоев, что особенно важно для фермеров с ограниченными ресурсами.

Одним из важных преимуществ отечественной разработки, является возможность его лёгкого оснащения дополнительным навесным и комплектующим оборудованием. Это значительно расширяет функциональные возможности техники, позволяя использовать её как в аграрной, так и в коммунальной сфере [2].

Эта универсальность делает мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики незаменимыми помощниками не только в сельском хозяйстве, но и в коммунальном секторе

и строительстве. Важным аспектом является то, что уже запущено производство и реализация собственного навесного оборудования, такого как отвалы, плуги, окучники, сенокосилки, опрыскиватели, прицепы и прочее. Это позволяет обеспечить ещё большую доступность и поддержку со стороны отечественных производителей.

Кроме того, техника отличается повышенной ремонтпригодностью. Детали, подверженные износу или поломке, могут быть быстро заменены, минимизируя простои и обеспечивая длительный срок службы мини-трактора. Благодаря модульной конструкции и разъемным узлам, мини-трактор может быть модернизирован и адаптирован под изменяющиеся потребности клиентов, что делает его ещё более привлекательным для сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.

Таким образом, отечественные мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики являются современными технологическими универсальными помощниками для множества отраслей, от сельского хозяйства до коммунальных служб и строительства. Их доступность, универсальность и ремонтпригодность создают важные предпосылки для дальнейшего развития агропромышленного комплекса Казахстана [9].

Заключение

Компания «JAS ENGINEERING» активно работает над решением актуальных проблем мелких аграриев и сельскохозяйственных предприятий страны. Осознавая ограниченные финансовые возможности и трудности с обслуживанием техники в отдалённых районах, компания разработала мини-тракторы и мини-погрузчики, доступные по цене, простые в эксплуатации и обслуживании, а также отвечающие современным экологическим стандартам. Эти машины не только помогают малым хозяйствам повышать производительность и снижать физическую нагрузку на работников, но и способствуют решению задачи по снижению импортозависимости, поддержке отечественного машиностроения и модернизации агропромышленного комплекса Казахстана.

В результате теоретических и экспериментальных исследований, проведённых для решения научной задачи по улучшению конструкции и технологических параметров малогабаритной спецтехники, включая мини-тракторы и мини-фронтальные погрузчики, были сформированы следующие обоснованные выводы:

Благодаря усовершенствованию узлов и рамной конструкции, наша компания достигла значительных улучшений в характеристиках как мини-трактора, так и мини-фронтального погрузчика. В частности, мини-трактор стал более мощным и маневренным, что позволяет использовать его в более сложных аграрных и коммунальных условиях [14]. Улучшение тормозной системы повысило безопасность и производительность техники, что особенно важно при выполнении различных задач на пересечённой местности. Эти изменения положительно сказались на маневренности машины, её универсальности и общей эффективности при эксплуатации.

Мини-фронтальные погрузчики также претерпели важные конструктивные изменения. Усиление гидравлических систем и оптимизация рамной конструкции позволили значительно повысить грузоподъёмность и надёжность погрузчика. Благодаря этим улучшениям, техника стала более эффективной при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, что делает её незаменимой как в сельском хозяйстве, так и в коммунальном и строительном секторах. Увеличенная маневренность и производительность погрузчика способствуют улучшению условий работы в ограниченных пространствах, таких как склады, фермы и строительные площадки.

В результате всех проведённых исследований и внедрённых улучшений удалось добиться существенных положительных изменений в производительности и комфорте эксплуатации как мини-тракторов, так и мини-фронтальных погрузчиков. Эти достижения значительно повысили их эффективность, универсальность и долговечность, что делает их востребованными не только в сельскохозяйственной отрасли, но и в коммунальном и строительном секторе Казахстана.

Эти достижения подтверждают, что развитие отечественного производства малогабаритной техники является важным шагом на пути к устойчивому экономическому развитию и повышению конкурентоспособности сельскохозяйственного и коммунального секторов.

Список литературы

1. Асаубаев Ж.Т. Машиностроение Казахстана: состояние и перспективы развития / Ж.Т. Асаубаев // Журнал Экономика Казахстана. – 2022. – № 3. – С. 12-19.
2. Беков С.Н. Технологические решения для повышения эффективности сельскохозяйственной техники / С.Н. Беков // Вестник аграрной науки Казахстана. – 2021. – № 5. – С. 34-42.
3. Жумашев Р.Х. Мини-тракторы в аграрном секторе: инновации и проблемы / Р.Х. Жумашев // Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 45-50.
4. Калиева А.А. Современные проблемы аграрной техники Казахстана и пути их решения / А.А. Калиева // Вестник Казахского аграрного университета. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 22-28.
5. Мурзагалиев Е.М. Импортозамещение в сельскохозяйственном машиностроении Казахстана / Е.М. Мурзагалиев // Агроинженерные исследования. – 2022. – № 4. – С. 67-73.
6. Сулейменов Н.К. Гидравлические системы в малогабаритной спецтехнике / Н.К. Сулейменов // Технические науки и технологии Казахстана. – 2021. – № 2. – С. 29-35.
7. Тлеуов М.К. Развитие производственной базы Казахстана для создания мини-тракторов / М.К. Тлеуов // Агропромышленный комплекс. – 2020. – № 5. – С. 55-60.
8. Умаров Б.Р. Экономические аспекты локализации производства сельскохозяйственной техники / Б.Р. Умаров // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 6. – С. 88-95.
9. Шарипов Д.К. Использование малогабаритной техники в сельском хозяйстве Казахстана: эффективность и вызовы / Д.К. Шарипов // Аграрная наука Казахстана. – 2021. – № 3. – С. 17-23.
10. Якубов В.А. Современные тенденции в производстве малогабаритных погрузчиков / В.А. Якубов // Международный журнал инженерных наук. – 2022. – Т. 11, № 3. – С. 42-49.
11. Смит Дж.А. Достижения в сельскохозяйственной технике для малых ферм // Журнал сельскохозяйственного машиностроения. – 2021. – Т. 18. – № 2. – С. 65-72.
12. Ли К. Разработка компактных тракторов для устойчивого сельского хозяйства / К. Ли, Х. Пак // Международный журнал машиностроения и производственной инженерии. – 2020. – Т. 12, № 6. – С. 123-130.
13. Миллер Д.П. Инновации в технологиях компактных погрузчиков / Д.П. Миллер // Журнал механических систем и обработки сигналов. – 2021. – Т. 33, № 5. – С. 89-97.
14. Гарсия Х. Экономические выгоды мини-погрузчиков в маломасштабном сельском хозяйстве / Х. Гарсия, Л. Мартинес // Международный журнал сельскохозяйственной экономики. – 2020. – Т. 24, № 8. – С. 159-167.
15. Чжан Ю. Технологические достижения в малогабаритной сельскохозяйственной технике в развивающихся странах / Ю. Чжан, В. Лю // Журнал сельскохозяйственных наук и технологий. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 112-119.

References

1. Asaubayev ZH.T. Mashinostroenie Kazakhstan: sostoyanie i perspektivy razvitiya / ZH.T. Asaubayev // Zhurnal Ekonomika Kazakhstan. – 2022. – № 3. – S. 12-19. (In Russian).
2. Bekov S.N. Tekhnologicheskie resheniya dlya povysheniya ehffektivnosti sel'skokhozyaistvennoi tekhniki / S.N. Bekov // Vestnik agrarnoi nauki Kazakhstan. – 2021. – № 5. – S. 34-42. (In Russian).
3. Zhumashev R.KH. Mini-traktory v agrarnom sektore: innovatsii i problemy / R.KH. Zhumashev // Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skom khozyaistve. – 2020. – T. 10, № 4. – S. 45-50. (In Russian).
4. Kalieva A.A. Sovremennyye problemy agrarnoi tekhniki Kazakhstan i puti ikh resheniya / A.A. Kalieva // Vestnik Kazakhskogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T. 7, № 2. – S. 22-28. (In Russian).
5. Murzagaliev E.M. Importozameshchenie v sel'skokhozyaistvennom mashinostroenii Kazakhstan / E.M. Murzagaliev // Agroinzhenernye issledovaniya. – 2022. – № 4. – S. 67-73. (In Russian).
6. Suleimenov N.K. Gidravlicheskie sistemy v malogabaritnoi spetstekhnike / N.K. Suleimenov // Tekhnicheskie nauki i tekhnologii Kazakhstan. – 2021. – № 2. – S. 29-35. (In Russian).
7. Tleuov M.K. Razvitie proizvodstvennoi bazy Kazakhstan dlya sozdaniya mini-traktorov / M.K. Tleuov // Agropromyshlennyyi kompleks. – 2020. – № 5. – S. 55-60. (In Russian).

8. Umarov B.R. Ehkonomicheskie aspekty lokalizatsii proizvodstva sel'skokhozyaistvennoi tekhniki / B.R. Umarov // Ehkonomika i predprinimatel'stvo. – 2019. – № 6. – S. 88-95. (In Russian).
9. Sharipov D.K. Ispol'zovanie malogabaritnoi tekhniki v sel'skom khozyaistve Kazakhstana: ehffektivnost' i vyzovy / D.K. Sharipov // Agrarnaya nauka Kazakhstana. – 2021. – № 3. – S. 17-23. (In Russian).
10. Yakubov V.A. Sovremennye tendentsii v proizvodstve malogabaritnykh pogruzchikov / V.A. Yakubov // Mezhdunarodnyi zhurnal inzhenernykh nauk. – 2022. – T. 11, № 3. – S. 42-49. (In Russian).
11. Smit Dzh.A. Dostizheniya v sel'skokhozyaistvennoi tekhnike dlya malyykh ferm // Zhurnal sel'skokhozyaistvennogo mashinostroeniya. – 2021. – T. 18. – № 2. – S. 65-72. (In Russian).
12. Li K. Razrabotka kompaktnykh traktorov dlya ustoichivogo sel'skogo khozyaistva / K. Li, KH. Pak // Mezhdunarodnyi zhurnal mashinostroeniya i proizvodstvennoi inzhenerii. – 2020. – T. 12, № 6. – S. 123-130. (In Russian).
13. Miller D.P. Innovatsii v tekhnologiyakh kompaktnykh pogruzchikov / D.P. Miller // Zhurnal mekhanicheskikh sistem i obrabotki signalov. – 2021. – T. 33, № 5. – S. 89-97. (In Russian).
14. Garsiya KH. Ehkonomicheskie vygody mini-pogruzchikov v malomasshtabnom sel'skom khozyaistve / KH. Garsiya, L. Martines // Mezhdunarodnyi zhurnal sel'skokhozyaistvennoi ehkonomiki. – 2020. – T. 24, № 8. – S. 159-167. (In Russian).
15. Chzhan YU. Tekhnologicheskie dostizheniya v malogabaritnoi sel'skokhozyaistvennoi tekhnike v razvivayushchikhsya stranakh / YU. Chzhan, V. Lyu // Zhurnal sel'skokhozyaistvennykh nauk i tekhnologii. – 2022. – T. 14, № 3. – S. 112-119. (In Russian).

А.С. Жакупов, Е.Б. Алжанов*

JAS Engineering,

050035, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Рысқұлов көшесі 166/2,

*e-mail: erkosh911@gmail.com

ШАҒЫН ГАБАРИТТІ АРНАЙЫ ТЕХНИКАНЫ ӨНДІРУ (МИНИ-ТРАКТОРЛАР, МИНИ-ЖҮКТЕУШІЛЕР)

Бұл мақалада шағын габаритті арнайы техниканы, атап айтқанда мини-тракторлар мен мини-жүк тиегіштерді өндіру қарастырылады. Негізгі назар шектеулі кеңістікте және шағын шаруашылықтарда осындай техниканы қолданудың өзектілігіне аударылады. Мини-техниканы әзірлеу мен жобалаудың негізгі аспектілері келтірілген, қолданылатын материалдар мен өндірістік процестер талқыланады. Ауыл шаруашылығы және құрылыс салаларында шағын габаритті техниканың тиімділігі бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері, олардың экономикалық тиімділігі, экологиялық қауіпсіздігі және практикалық құндылығы сипатталған. Жүргізілген зерттеулер негізінде шағын бизнес пен жеке шаруашылықтар үшін тиімді шешім ретінде шағын габаритті арнайы техниканы дамытудың қажеттілігі мен перспективалары, сондай-ақ Қазақстан Республикасының импортқа тәуелділігін төмендету туралы қорытындылар жасалады.

Түйін сөздер: *шағын габаритті арнайы техника, коммуналдық арнайы техника, құрылыс арнайы техникасы, бау-бақша техникасы, өндірістік процестер, экономикалық тиімділік.*

A.S. Zhakupov, Y.B. Alzhanov*

JAS Engineering,

050035, Republic of Kazakhstan, Almaty, Ryskulov street 166/2,

*e-mail: erkosh911@gmail.com

DOMESTIC PRODUCTION OF SMALL-SCALE SPECIALIZED EQUIPMENT (MINI-TRACTORS, MINI-LOADERS)

This article discusses the production of small-scale specialized equipment, particularly mini-tractors and mini-loaders. The main focus is on the relevance of using such machines in confined spaces and the specifics of small farms. Key aspects of the development and design of mini-equipment are presented, and the materials used and production processes are discussed. The results of studies on the efficiency of small-scale equipment in agricultural and construction sectors are described, along with their economic benefits, environmental safety, and practical value. Based on the research, conclusions are drawn about the necessity and prospects for developing small-scale specialized equipment as an effective solution for small businesses and private farms, and for reducing the import dependency of the Republic of Kazakhstan.

Key words: small-scale specialized equipment, municipal specialized equipment, construction specialized equipment, gardening equipment, production processes, economic benefits.

Сведения об авторах

Азамат Сабиржанович Жакупов – главный инженер компании «JAS Engineering»; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Еркен Болатович Алжанов* – EMBA Менеджмент, Project Manager IPMA C, миноритарный партнер и Project Manager компании «JAS Engineering»; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Авторлар туралы

Азамат Сабыржанович Жакупов – «JAS Engineering» компаниясының негізін қалаушы және бас инженері; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Еркен Болатұлы Алжанов* – EMBA Менеджмент, Project Manager IPMA C, «JAS Engineering» компаниясының миноритарлық серіктесі және Project Manager; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Author Information

Azamat Sabirzhanovich Zhakupov – Founder and Chief Engineer of «JAS Engineering»; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Erken Bolatovich Alzhanov* – EMBA in Management, Project Manager IPMA C, minority partner and Project Manager of «JAS Engineering»; e-mail: erkosh911@gmail.com.

Поступила в редакцию 02.10.2024

Поступила после доработки 18.11.2024

Принята к публикации 19.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-14](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-14)

MPHTI: 81.93.29



И.Х. Ташенов, А.К. Шайханова*

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
050000, Республика Казахстан, г.Астана, ул.Пушкина, 11

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ERP-СИСТЕМ SAP: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ RECON И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Аннотация: Киберугрозы становятся всё более изощрёнными, представляя значительный риск для корпоративных систем управления ресурсами (ERP), таких как SAP, которые обеспечивают критически важные процессы крупных организаций. Одной из самых серьёзных уязвимостей в SAP является RECON (CVE-2020-6287), получившая максимальную оценку 10 по шкале CVSSv3. Такая высокая оценка указывает на критическую опасность уязвимости, позволяющей злоумышленникам, не имеющим авторизации, получить административный доступ к системам. Это может привести к утечкам конфиденциальных данных, дестабилизации бизнес-процессов и компрометации финансовой информации.

Для решения проблемы RECON в статье рассматриваются три ключевых инструмента. INSTANT RECON от Onapsis обеспечивает быстрое выявление уязвимости, минимизируя временной лаг между её обнаружением и устранением. Offline Security предлагает методы защиты от угроз, применяемые в изолированных системах. SAP Enterprise Threat Detection (ETD) позволяет мониторить активность в реальном времени, предотвращая потенциальные атаки. Эти инструменты играют важнейшую роль в защите данных и обеспечении стабильности бизнес-процессов. Их использование помогает повысить устойчивость ERP-систем перед внутренними и внешними угрозами, укрепляя общую информационную безопасность организаций.

Ключевые слова: системы управления ресурсами, бизнес-процессы, контроль доступа, безопасность данных, безопасность приложений, уязвимость, INSTANT RECON, Offline Security, аналитика.

Введение. С каждым годом киберугрозы становятся все более сложными и разнообразными, представляя серьезную опасность для корпоративных информационных систем. Особенно это касается систем управления предприятием (ERP), таких как SAP, которые являются сердцем операционной деятельности многих крупных организаций по всему миру. SAP, будучи одной из самых популярных и сложных ERP-систем, регулярно оказывается в центре внимания злоумышленников, стремящихся найти уязвимости, которые позволят им получить доступ к критически важной информации и бизнес-процессам.

Одной из наиболее значимых и опасных уязвимостей, обнаруженных в SAP в последние годы, стала уязвимость RECON (CVE-2020-6287). Она получила наивысший балл по шкале критичности CVSSv3 – 10 из 10, что подчеркивает ее серьезность. RECON позволяет неаутентифицированным злоумышленникам получить полный административный доступ к системам SAP, что может привести к утечке конфиденциальных данных, изменению бизнес-процессов, компрометации финансовых данных и другим критическим последствиям. Эта уязвимость присутствует в компонентах SAP NetWeaver и затрагивает множество модулей, таких как SAP S/4HANA, SAP CRM, SAP SCM и другие.

Безопасность ERP-систем становится ключевым фактором успешной работы любой компании, ведь они обеспечивают управление основными ресурсами, финансовыми потоками и производственными процессами. В условиях постоянного повышения уровня угроз информационной безопасности организациям крайне важно иметь эффективные инструменты для выявления и предотвращения эксплуатации уязвимостей.

В данной статье рассмотрим три инструмента, которые могут помочь в выявлении и устранении уязвимости RECON в SAP-системах: INSTANT RECON от компании Onapsis, Offline Security, а также специализированное решение SAP для обнаружения угроз в реальном времени – SAP Enterprise Threat Detection (ETD). Эти инструменты играют важную роль в комплексной стратегии защиты SAP-систем от внешних и внутренних угроз, обеспечивая надежность и целостность корпоративных данных и бизнес-процессов.

Условия и методы исследования. В исследовании проанализированы концепции обеспечения безопасности в среде SAP, которые включают три основных аспекта: контроль доступа, безопасность данных и безопасность приложений. Для поддержания высокого уровня защиты SAP-системы необходимо реализовать строгие меры по каждому из этих направлений. Например, обязательным условием является применение многофакторной аутентификации (MFA) для управления доступом, особенно для внешних пользователей. Политика безопасности данных должна строго регламентировать доступ к информации по ролям, а управление привилегированным доступом (PAM) призвано защищать систему от несанкционированного вмешательства.

Методы исследования включают анализ уязвимости RECON в компоненте SAP NetWeaver, которая позволяет злоумышленникам получать административный доступ к системе. Для выявления и устранения этой уязвимости применялись три инструмента:

- INSTANT RECON от Onapsis – инструмент, обеспечивающий быстрое выявление уязвимости RECON, который позволяет администраторам SAP оперативно сканировать системы и получать детализированные отчеты для принятия мер.

- Offline Security – клиент-серверное приложение для анонимного анализа безопасности SAP-систем, позволяющее выявить уязвимости без компрометации данных компании. Отчет включает детализированную информацию о критичности угроз и рекомендации по их устранению.

- SAP Enterprise Threat Detection (ETD) – инструмент, разработанный SAP для постоянного мониторинга и выявления угроз в режиме реального времени. Он использует корреляцию событий и моделей угроз для обнаружения подозрительных действий, позволяя предотвращать возможные атаки до нанесения ущерба.

Эти методы исследования были выбраны в связи с необходимостью комплексного подхода к защите SAP-систем от внешних и внутренних угроз, и направлены на обеспечение целостности и безопасности корпоративных данных и процессов.

Результаты исследований

Концепции безопасности SAP. Безопасность SAP охватывает три основные области кибербезопасности: контроль доступа, безопасность данных и безопасность приложений. Для

обеспечения безопасности среда SAP подлежит строгому контролю доступа, а системные данные должны быть максимально защищены. Наконец, само приложение должно быть защищено строгими гарантиями безопасности. На практике согласованная работа всех трех концепций безопасности SAP означает применение лучших доступных инструментов и методов обеспечения безопасности в среде SAP. Например, если организация использует многофакторную аутентификацию (MFA) для предоставления разрешения на доступ к сети внешним мобильным пользователям, этот контроль также должен применяться ко всем остальным, желающим получить доступ к системам SAP. Затем в SAP политика безопасности данных должна обеспечивать соблюдение ограничений доступа к данным по ролям. Защита приложения включает в себя управление исправлениями и строгий контроль управления привилегированным доступом (PAM), чтобы гарантировать, что ни один посторонний человек не сможет получить административный доступ к серверной части SAP. Также нужно упомянуть о социальной инженерии. Ведь социальная инженерия в контексте SAP представляет серьезную угрозу безопасности, поскольку злоумышленники могут использовать манипуляции и обман для получения конфиденциальной информации или выполнения вредоносных действий в системе SAP. Атаки фишингом, маскировкой под официальные уведомления и манипуляции персоналом могут привести к раскрытию учетных данных, несанкционированному доступу и изменениям данных. Обман сотрудников поддержки и убеждение в обновлении или установке вредоносного ПО также могут быть результатом социальной инженерии, создавая уязвимости в безопасности SAP и подрывая целостность системы. Поэтому эффективные меры обучения сотрудников и внедрение строгих политик безопасности являются неотъемлемыми частями обеспечения безопасности в среде SAP [1, 2].

Внедрение SAP-систем в предприятиях приносит множество выгод, таких как повышение эффективности и улучшение управления ресурсами. Однако, в силу своей сложности и широкого спектра функциональности, SAP также становится объектом интереса для киберпреступников, которые могут стремиться получить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, нарушить бизнес-процессы или провести атаки с целью вымогательства. Существуют различные виды и типы атак на SAP системы, такие как: инъекции кода, перехват данных, атаки на доступность и т.д. В данной статье, я хотел бы рассмотреть уязвимость системы, воспользовавшись которой, злоумышленники атаковали SAP системы по всему миру. На данный момент инженеры SAP уже исправили опасную ошибку CVE-2020-6287. уязвимости дали название RECON (аббревиатура от Remotely Exploitable Code On NetWeaver) и она получила 10 баллов из 10 по шкале оценки уязвимостей CVSSv3. Такой рейтинг означает, что ошибка крайне проста в использовании, и ее эксплуатация почти не требует технических знаний. Также уязвимость может быть использована для автоматизированных удаленных атак и не требует, чтобы злоумышленник уже имел учетную запись в приложении SAP или знал чужие учетные данные [3, 4].

Если не аутентифицированный злоумышленник сможет подключиться к службе HTTP(S) и успешно воспользоваться уязвимостью RECON, в некоторых ситуациях последствия могут быть критическими. Технически говоря, злоумышленник сможет создать нового пользователя в уязвимой системе SAP с максимальными привилегиями (роль администратора), минуя все средства контроля доступа и авторизации (такие как разделение обязанностей, управление идентификацией и решения GRC). Это означает, что злоумышленник может получить полный контроль над затронутой системой SAP, ее базовыми бизнес-данными и процессами. Наличие административного доступа к системе позволит злоумышленнику управлять (читать/изменять/удалять) каждой записью базы данных или файлом в системе. Из-за неограниченного доступа, который злоумышленник может получить, воспользовавшись неисправленными системами, эта уязвимость может представлять собой недостаток в ИТ-контролях предприятия в соответствии с нормативными требованиями, что потенциально влияет на соответствие финансовым требованиям (SarbanesOxley) и конфиденциальности (GDPR) [5, 6].

Использование уязвимости позволяет злоумышленнику выполнить ряд вредоносных действий, в том числе:

- Кража личной информации (PII) у сотрудников, клиентов и поставщиков
- Чтение, изменение или удаление финансовых записей

- Изменение банковских реквизитов (номер счета, номер IBAN и т. д.)
- Администрирование процессов закупок
- Нарушить работу системы, повредив данные или полностью выключив ее
- Удалить или изменить трассировки, журналы и другие файлы

Данная уязвимость находится в компоненте по умолчанию, который входит в состав всех SAP-приложений, работающих на стеке Java SAP NetWeaver версий 7,30-7,5. Речь о компоненте LM Configuration Wizard, который является частью SAP NetWeaver Application Server (AS). Данный компонент используется во множестве популярных продуктов, включая SAP S/4HANA, SAP SCM, SAP CRM, SAP CRM, SAP Enterprise Portal, а также SAP Solution Manager (SolMan). Другие приложения SAP, работающие со стеком SAP NetWeaver Java, тоже подвержены уязвимости. Специалисты Onapsis предполагают, что число компаний, которые затрагивает данная проблема, равно примерно 40 000, хотя не все они «светят» уязвимыми приложениями в интернете. Так, проведенное исследователями сканирование показало, что в сети можно обнаружить около 2500 SAP-систем, которые в настоящее время уязвимы перед проблемой RECON (33% в Северной Америке, 29% в Европе и 27% в Азиатско-Тихоокеанском регионе) [7, 8].

Обсуждение научных результатов

Как не допустить использование данной уязвимости? Администраторам SAP-систем рекомендуется установить патчи, которые доступны на сайте SAP. А для того, чтобы не допустить данной уязвимости следует использовать сканеры, которые быстро помогают организациям оценить, подвергаются ли их приложения SAP риску, помогают обнаружить подозрительную активность, связанную с эксплуатацией уязвимостей, в том числе и RECON (CVE-2020-6287). Далее будут рассмотрены 3 инструмента, которые могут помочь обнаруживать подобного рода уязвимости.

INSTANT RECON от Onapsis. Компания Onapsis, являющаяся лидером в области безопасности SAP-систем, разработала инструмент INSTANT RECON, который предназначен для быстрого и эффективного выявления уязвимости RECON. Этот инструмент предоставляет администраторам SAP возможность сканировать свои системы на наличие данной уязвимости и моментально получать результаты. INSTANT RECON – это бесплатное решение с открытым исходным кодом, доступное на GitHub, что делает его доступным для широкого круга специалистов по информационной безопасности.

Инструмент сканирует уязвимые компоненты SAP NetWeaver и помогает администраторам оперативно выявить необходимость применения патчей, что существенно снижает риски для бизнеса.

Основным преимуществом INSTANT RECON является его простота использования и оперативность. Администратор может запустить сканирование в течение нескольких минут и получить детализированный отчет, указывающий, какие системы требуют незамедлительных мер. Этот инструмент рекомендуется использовать в первую очередь для тех организаций, чьи SAP-системы имеют внешний доступ через интернет, так как такие системы подвержены наиболее высокому риску.[9]

Offline Security. Offline Security – это клиент-серверное приложение, которое предназначено для анализа безопасности SAP-систем. Данный инструмент уникален тем, что весь процесс анализа проводится в анонимной форме, что делает его безопасным для организаций, обеспокоенных конфиденциальностью своих данных. Администратор собирает необходимые данные о системе (безопасно маскируя такие параметры, как IP-адреса и имена серверов), после чего отправляет информацию на сервер для анализа.

По завершению анализа пользователь получает подробный отчет с результатами в формате Excel, который включает критичность выявленных уязвимостей и рекомендации по их устранению.

Такой подход позволяет специалистам по безопасности легко сортировать уязвимости по приоритетам и оперативно принимать меры по их устранению. Offline Security отличается высокой степенью детализации отчетов, что делает его незаменимым инструментом для тех, кто хочет глубже изучить состояние безопасности своих SAP-систем и понять, какие шаги необходимы для устранения угроз (рис. 1).

В отчете присутствует функция сортировки, а на первой странице можно увидеть расширенную аналитику по количеству найденных нот и их критичности. Ноты помогают решить проблему и зачастую в них описаны шаги решения проблемы (рис. 2) [10].

Software Component	Version	Support Package	Note ID	Note Title	Description
ST-PI	2008_1_710	SAPKITLREM	2835979	Code Injection	Service Data Download in SAP Application Server ABAP (ST-PI), before versions 2008_1_46C, 2008_1_620, 2008_1_640, 2008_1_700, 2008_1_710, 740 allows an attacker to inject code that can be executed by the application. An attacker could thereby control the behavior of the application and the whole ABAP system leading to Code Injection.
SAP_BW	731	SAPKW73117	2986980	Multiple vulnerabilities	The BW Database Interface allows an attacker with low privileges to execute any crafted database queries, exposing the backend database. An attacker can include their own SQL commands which the database will execute without properly sanitizing the untrusted data leading to SQL injection vulnerability which can fully compromise the affected SAP system.
SAP_BW	731	SAPKW73117	2999854	Code Injection	SAP Business Warehouse, versions 700, 701, 702, 711, 730, 731, 740, 750, 782 and SAP BW/4HANA, versions 100, 200, allow a low privileged attacker to inject code using a remote enabled function module over the network. Via the function module an attacker can create a malicious ABAP report which could be used to get access to sensitive data, to inject malicious UPDATE statements that could also impact the operating system, to disrupt the functionality of the SAP system which can thereby lead to Denial of Service.
SAP_BASIS	731	SAPKB73119	3294595	Directory Traversal	SAP NetWeaver Application Server for ABAP and ABAP Platform - versions 700, 701, 702, 731, 740, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, allows an attacker with non-administrative authorizations to exploit a directory traversal flaw in an available service to overwrite the system files. In this attack, no data can be read but potentially critical OS files can be overwritten making the system unavailable.
SAP_BASIS	731	SAPKB73119	3302162	Directory Traversal	An attacker with non-administrative authorizations can exploit a directory traversal flaw in program SAPRSBRO to over-write system files. In this attack, no data can be read but potentially critical OS files can be over-written making the system unavailable.
SAP_BASIS	731	SAPKB73119	3097887	Improper Authorization	The software logistics system of SAP NetWeaver AS ABAP and ABAP Platform versions 700, 701, 702, 710, 730, 731, 740, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, enables a malicious user to transfer ABAP code artifacts or content by bypassing the established quality controls.

Рисунок 1 – Отчет в Excel

2835979 - [CVE-2020-6262] Code Injection vulnerability in Service Data Download

SAP Security Note, Version: 3, Released On: 12.05.2020

Description	CVSS	Software Components	Correction	Support Package	This document is causing side effects
the application and the whole ABAP system.					
Some well-known impacts of Code Injection vulnerability are					
- Unauthorized execution of commands - Sensitive information disclosure - Denial of Service					
Other Terms					
ABAP code injection, ST-PI, CVE-2020-6262					
Reason and Prerequisites					
Missing Input Validation for RFC function module					
Solution					
Implement the note. The implementation of the note has no impact to any productive business process.					

Рисунок 2 – Нота из отчета Excel

SAP Enterprise Threat Detection (ETD). SAP Enterprise Threat Detection (ETD) – это решение, разработанное самой компанией SAP для выявления угроз в режиме реального времени. В отличие от предыдущих инструментов, SAP ETD ориентировано на постоянный мониторинг событий и активности в системе. Оно анализирует поведение пользователей и системы, выявляя аномалии, которые могут свидетельствовать о попытках эксплуатации уязвимостей, таких как RECON [11].

SAP ETD использует метод корреляции событий и моделей угроз, что позволяет своевременно обнаружить подозрительные действия и предотвратить возможные атаки до того, как они нанесут ущерб. Например, если злоумышленник пытается воспользоваться уязвимостью RECON для получения административного доступа, SAP ETD сможет выявить аномальные действия, такие как создание новых пользователей или попытки изменения конфигурации системы, и предупредить администратора о необходимости вмешательства (рис. 3) [12].

Преимущество SAP ETD (рис. 4) заключается в его интеграции с другими продуктами SAP, что позволяет организациям получать комплексную картину безопасности своих систем. Решение поддерживает работу с различными модулями SAP, включая S/4HANA, что делает его универсальным инструментом для обеспечения безопасности в масштабах всего предприятия [13].

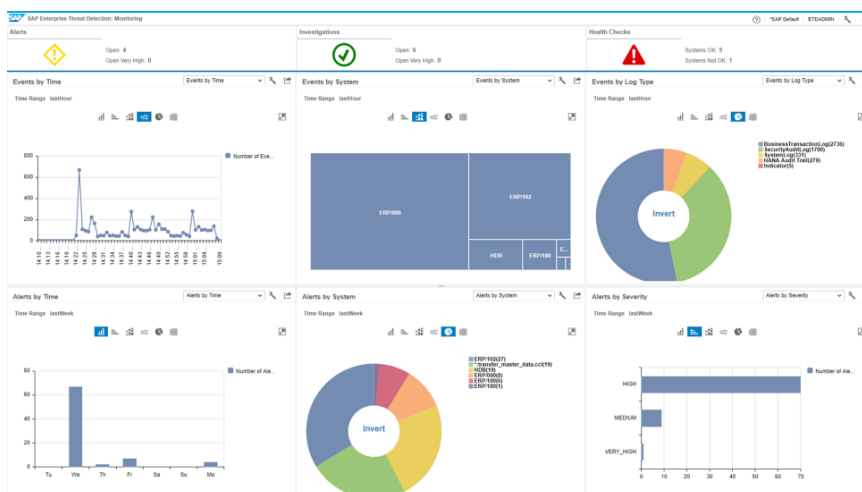


Рисунок 3 – Мониторинг событий SAP ETD

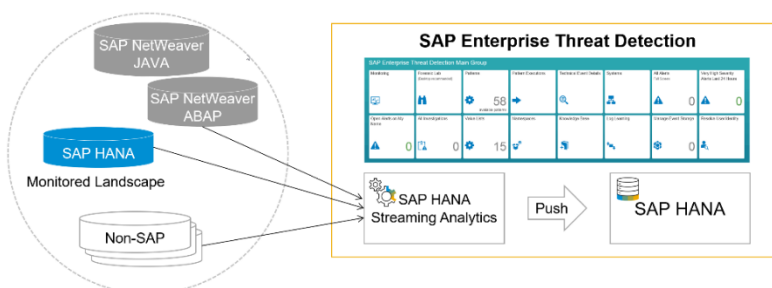


Рисунок 4 – Интеграция со всеми продуктами SAP

Заключение. Уязвимость RECON (CVE-2020-6287) стала серьезным напоминанием о важности информационной безопасности в системах управления ресурсами предприятия (ERP), таких как SAP. Как центральный элемент для управления бизнес-процессами в крупнейших мировых организациях, SAP-системы представляют собой ключевую мишень для злоумышленников, стремящихся получить доступ к конфиденциальным данным и нарушить операционные процессы. Угроза, которую несет RECON, показала, что даже самые защищенные и проверенные временем системы могут содержать критические уязвимости, эксплуатация которых может привести к серьезным последствиям, включая потерю данных, нарушение бизнес-операций и репутационные риски.

Внедрение современных инструментов для обеспечения безопасности, таких как INSTANT RECON от Onapsis, Offline Security и SAP Enterprise Threat Detection (ETD), предоставляет возможность не только своевременно обнаруживать уязвимости, но и предотвращать их эксплуатацию. Эти инструменты обеспечивают комплексную защиту, начиная от быстрого сканирования системы и получения отчетов об уязвимостях до постоянного мониторинга и анализа подозрительной активности. Благодаря использованию этих решений компании могут существенно сократить риски, связанные с киберугрозами, и создать более надежную защиту для своих бизнес-процессов.

Однако важно понимать, что использование инструментов выявления уязвимостей – это лишь один из шагов на пути к защите корпоративных систем. Безопасность SAP-систем требует многоуровневого подхода, включающего регулярное обновление программного обеспечения, внедрение политик управления доступом, обучение сотрудников и создание надежной инфраструктуры безопасности. Только комплексная и проактивная стратегия безопасности позволит минимизировать риски, обеспечить защиту данных и сохранить целостность бизнес-процессов.

Таким образом, уязвимость RECON стала ярким примером того, как быстро развиваются киберугрозы и насколько важно своевременно реагировать на них. Постоянное совершенствование методов защиты и использование передовых решений безопасности позволит компаниям сохранить устойчивость в условиях постоянных кибератак и обеспечить стабильное развитие в цифровой среде.

Список литературы

1. Davenport T.H. Implementing Enterprise Systems in Enterprises / T.H. Davenport // Harvard Business Review. – 1998. – P. 121-131. <https://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumDavenport98.htm>
2. Rein Schmidt J. Securing SAP Applications Using a Secure Software Lifecycle / J. ReinSchmidt, G. François. – 2019. – 256 p.
3. U.S. Department of Commerce. (2018). Enterprise Resource Planning (ERP) Planning Guide. – 189 p.
4. SAP Company Website. URL: <https://me.sap.com/notes/2934135> (date of application: 01.09.2024).
5. SAP SE. (2021). SAP ERP Central Component (SAP ECC). URL: https://www.sap.com/central-asia-caucasus/index.html?url_id=auto_hp_redirect_central-asia-caucasus (date of application: 01.09.2024).
6. SAP Security Community. URL: <https://pages.community.sap.com/topics/security> (date of application: 04.09.2024).
7. Onapsis Research Labs. (2020). RECON: URL: <https://onapsis.com/threat-research/recon/> (date of application: 15.09.2024).
8. Common Vulnerabilities and Exposures (CVE). (2020). Details of CVE-2020-6287. URL: <https://www.securitylab.ru/news/510313.php> (date of application: 27.09.2024).
9. National Vulnerability Database NIST. (2020). NVD – CVE-2020-6287. URL: <https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2020-6287> (date of application: 27.09.2024).
10. Offline Security. URL: <https://github.com/offlinesec/offlinesec-client> (date of application: 28.09.2024).
11. Onapsis. (2021). URL: <https://onapsis.com/> (date of application: 01.10.2024).
12. INSTANT RECON. URL: https://github.com/chipik/SAP_RECON/tree/master (date of application: 01.10.2024).
13. SAPinsider. (2021). Complete Guide to SAP Security. URL: <https://sapinsider.org/> (date of application: 05.10.2024)

I.K. Tashenov, A.K. Shaikhanova*

L.N. Gumilyov Eurasian National University
050000, Republic of Kazakhstan Astana, Pushkina str., 11
*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

ANALYSIS OF SAP ERP SYSTEM VULNERABILITIES: INVESTIGATING THE RECON ISSUE AND ITS IMPACT ON INFORMATION SECURITY

Cyber threats are becoming increasingly sophisticated, posing a significant risk to enterprise resource planning (ERP) systems, such as SAP, which support the critical processes of large organizations. One of the most serious vulnerabilities in SAP is RECON (CVE-2020-6287), which received the maximum score of 10 on the CVSSv3 scale. Such a high rating indicates the critical danger of the vulnerability, allowing unauthorized attackers to gain administrative access to the systems. This can lead to data leaks, destabilization of business processes, and compromise of financial information.

To address the RECON issue, the article examines three key tools. INSTANT RECON from Onapsis ensures rapid vulnerability detection, minimizing the time lag between discovery and remediation. Offline Security offers threat protection methods applied in isolated systems. SAP Enterprise Threat Detection (ETD) allows monitoring activity in real-time, preventing potential attacks. These tools play a crucial role in data protection and ensuring the stability of business processes. Their use helps enhance the resilience of ERP systems against internal and external threats, strengthening the overall information security of organizations.

Key words: resource management systems, business processes, access control, data security, application security, vulnerability, INSTANT RECON, Offline Security, , analytics.

И.Х.Ташенов, А.К. Шайханова*

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
050000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Пушкин к-сі, 11

ERP ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ОСАЛДЫҚТАРДЫ ТАЛДАУ: RECON МӘСЕЛЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІККЕ ӘСЕРІ

Киберқауіптер барған сайын күрделене түсуде, бұл ірі ұйымдардың маңызды процестерін қамтамасыз ететін SAP сияқты корпоративтік ресурстарды басқару жүйелеріне (ERP) айтарлықтай қауіп төндіреді. SAP-Тегі ең үлкен осалдықтардың бірі-CVSSv3 шкаласы бойынша ең жоғары 10 балл алған RECON (CVE-2020-6287). Мұндай жоғары баға авторизациясы жоқ шабуылдаушыларға жүйелерге әкімшілік қол жеткізуге мүмкіндік беретін осалдықтың маңызды қаупін көрсетеді. Бұл құпия деректердің бұзылуына, бизнес-процестердің тұрақсыздығына және қаржылық ақпараттың бұзылуына әкелуі мүмкін. Recon мәселесін шешу үшін мақалада үш негізгі құрал қарастырылады. Onapsis 's INSTANT RECON осалдықты тез анықтауға мүмкіндік береді, оны анықтау мен жою арасындағы уақыт артта қалуын азайтады. Offline Security оқшауланған жүйелерде қолданылатын қауіп-қатерден қорғау әдістерін ұсынады. SAP Enterprise Threat Detection (ETD) ықтимал шабуылдардың алдын алу арқылы нақты уақыттағы әрекеттерді бақылауға мүмкіндік береді. Бұл құралдар деректерді қорғауда және бизнес-процестердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Оларды пайдалану ұйымдардың жалпы ақпараттық қауіпсіздігін нығайта отырып, ERP жүйелерінің ішкі және сыртқы қауіптерге қарсы тұрақтылығын арттыруға көмектеседі.

Түйін сөздер: ресурстарды басқару жүйелері, бизнес-процестер, кіруді басқару, деректер қауіпсіздігі, қолданба қауіпсіздігі, осалдық, INSTANT RECON, Offline Security, аналитика.

Сведения об авторах

Ильяс Хакимович Ташенов – магистрант кафедры «Информационная безопасность»; Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан; e-mail: Ilyas.tashenov@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-6644-1492>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – PhD, профессор кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Республика Казакстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ильяс Хакімұлы Ташенов – «Ақпараттық қауіпсіздік» кафедрасының магистранты; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; Астана, Қазақстан Республикасы; e-mail: Ilyas.tashenov@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-6644-1492>.

Айгуль Кайрулақызы Шайханова* – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; Астана, Қазақстан Республикасы; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Information about the authors

Ilyas Khakimovich Tashenov – master's degree student of the Department of Information Security; L.N.Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: Ilyas.tashenov@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-6644-1492>.

Aigul Kayrulaevna Shaikhanova* – PhD, Professor of the Department of Information Security, L.N. Gumilyov Eurasian National University; Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Поступила в редакцию 20.11.2024

Поступила после доработки 21.11.2024

Принята к публикации 22.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-15](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-15)

MPHTI: 28.15.19



А.Е. Найманов, А.К. Шайханова*

Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова,

Казахстан, г.Астана, ул. Кайыма Мухамедханова, 37А

*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация: В статье проводится комплексное исследование современных программных инструментов для оценки эффективности производственных процессов. Рассматриваются ключевые метрики, такие как OEE (общая эффективность оборудования), MTBF (среднее время наработки на отказ), MTTR (среднее время восстановления), производительность труда и затраты на единицу продукции, которые помогают предприятиям измерять и анализировать производительность. Особое внимание уделено таким программным решениям, как SAP ERP, Siemens Tecnomatix и 1C, их функциональности, возможностям интеграции, стоимости и простоте внедрения. Приведен сравнительный анализ этих решений по ряду параметров. Также рассмотрены примеры успешного внедрения программных инструментов на предприятиях, что привело к значительному улучшению производственных показателей, таким как сокращение затрат и повышение производительности. Рассматриваются возможности адаптации и модульности систем для удовлетворения специфических нужд предприятий.

Ключевые слова: программные инструменты, оценка производственных процессов, предиктивный анализ, производственная эффективность.

Введение

В современном мире промышленное производство сталкивается с серьезными вызовами, связанными с необходимостью постоянного повышения производительности, снижения издержек и повышения качества продукции. Одним из ключевых инструментов, которые могут помочь предприятиям в достижении этих целей, являются программные решения для оценки и управления производственными процессами. Эти системы предоставляют широкие возможности для анализа производственных данных, мониторинга ключевых показателей эффективности (KPI) и улучшения оперативного управления.

Цель данной статьи – исследовать возможности существующих программных инструментов для оценки эффективности производственных процессов, рассмотреть ключевые метрики, по которым осуществляется оценка, а также предложить примеры успешного внедрения таких решений на предприятиях.

Условия и методы исследования

Программные инструменты для оценки производственных процессов.

Производственные процессы характеризуются сложной системой взаимодействия различных ресурсов: оборудования, людей, материалов и информации. Чтобы обеспечить их эффективную работу, важно правильно собирать и анализировать данные. Для этого существуют различные программные инструменты, среди которых выделяются системы ERP, MES и специализированные решения для анализа данных.

Основные метрики оценки производственной эффективности. Для оценки эффективности работы производственных процессов компании используют различные метрики. Рассмотрим основные из них:

- OEE (Overall Equipment Effectiveness) – общая эффективность оборудования. Этот показатель отражает, насколько эффективно используется оборудование в процессе производства. Он учитывает три ключевых фактора: доступность оборудования, его производительность и качество выпускаемой продукции.

- MTBF (Mean Time Between Failures) – среднее время наработки на отказ. Эта метрика используется для оценки надежности оборудования и позволяет предсказать, как часто может происходить поломка оборудования.

- MTTR (Mean Time to Repair) – среднее время на восстановление работы после отказа. Чем ниже этот показатель, тем быстрее предприятие восстанавливает свои производственные мощности после поломок [1,2].

- Производительность труда – это объем продукции, произведенной за единицу времени на одного работника. Этот показатель позволяет оценить эффективность использования человеческих ресурсов.

- Коэффициент использования оборудования – отражает, насколько полно используется оборудование в производственном процессе, и помогает выявить простаивающие ресурсы.

Программные инструменты позволяют автоматизировать сбор данных по этим метрикам, проводить глубокий анализ и предоставлять руководству предприятия актуальную информацию для принятия решений [3].

Полученные результаты

В настоящее время существует множество программных решений для оценки и управления производственными процессами. Были рассмотрены несколько популярных инструментов: SAP ERP, Siemens Tecnomatix, 1 C.

SAP ERP. Система управления ресурсами предприятия SAP ERP пользуется широкой популярностью благодаря своей способности охватывать и оптимизировать практически все этапы производства [4]. Программное обеспечение включает в себя продвинутые инструменты, которые помогают координировать и планировать использование как материальных и трудовых ресурсов, так и оборудования на предприятии. Функционал SAP ERP позволяет выполнять точный учет и стратегическое планирование ресурсов, необходимых для производственного процесса, что охватывает материалы, трудовые ресурсы и оборудование. Это целый комплекс решений, обладающий следующими функциями:

- автоматизация труда бухгалтера;
- упрощение торговых и складских операций;
- облегчение учета кадров, финансов, акций и других активов;
- модернизация логистики;
- составление максимально наглядных зарплатных графиков.

Пример применения Python в интеграции с SAP ERP для анализа производственной эффективности можно продемонстрировать на основе извлечения данных по ключевым показателям, таким как общая эффективность оборудования (OEE), среднее время наработки на отказ (MTBF) и среднее время восстановления (MTTR). Этот скрипт показывает, как с помощью Python можно собрать информацию об оборудовании, задействованном в производственных операциях, и автоматически рассчитать такие показатели, как доступность и производительность [5].

Предположим, что в системе SAP ERP хранится информация о каждом оборудовании, его статусе, продолжительности работы, времени простоя и количестве произведенных единиц продукции. Программа использует RFC для выборки данных и расчета основных производственных показателей. Разработанная программа для оценки производственных показателей:

```
from pyrfc import Connection
import datetime
# Подключение к SAP ERP
conn_params = {
    'user': 'SAP_USER',
    'passwd': 'PASSWORD',
    'ashost': 'SAP_SERVER_ADDRESS',
    'sysnr': '00',
    'client': '100',
    'lang': 'EN'
}
conn = Connection(**conn_params)

# Функция для расчета показателей эффективности
def calculate_efficiency(data):
    total_runtime = sum(item['Runtime'] for item in data)
    total_downtime = sum(item['Downtime'] for item in data)
    production_output = sum(item['Produced'] for item in data)

    oee = (production_output / total_runtime) * 100
    availability = (total_runtime / (total_runtime + total_downtime)) * 100
    mtbf = total_runtime / len(data) # Среднее время работы между отказами
    mttr = total_downtime / len(data) # Среднее время восстановления
    return {
        'OEE': oee,
        'Availability': availability,
        'MTBF': mtbf,
        'MTTR': mttr
    }

# Вызов BAPI для получения данных о производственном оборудовании
try:
```



```

# Запрос данных о производственном оборудовании и его статусе
result = conn.call('BAPI_EQUIPMENT_GETLIST', SERIALNO='EQUIP_SERIAL_NUMBER')
equipment_data = []

for item in result['EQUIPMENT_LIST']:
    equip_details = conn.call('BAPI_EQUI_GETDETAIL', EQUIPMENT=item['EQUIPMENT'])

    equipment_data.append({
        'Runtime': equip_details['TOTAL_RUNTIME'],
        'Downtime': equip_details['TOTAL_DOWNTIME'],
        'Produced': equip_details['PRODUCED_UNITS']
    })

# Расчет показателей эффективности
efficiency_metrics = calculate_efficiency(equipment_data)
print("Показатели эффективности оборудования:")
print(f"OEE (Общая эффективность оборудования): {efficiency_metrics['OEE']:.2f}%")
print(f"Availability (Доступность): {efficiency_metrics['Availability']:.2f}%")
print(f"MTBF (Среднее время наработки на отказ): {efficiency_metrics['MTBF']:.2f} часов")
print(f"MTTR (Среднее время восстановления): {efficiency_metrics['MTTR']:.2f} часов")

except Exception as e:
    print(f"Произошла ошибка: {e}")

```

Описание работы кода:

1. Подключение к SAP ERP: Используется библиотека `pyrfc`, чтобы установить соединение через RFC с сервером SAP ERP.

2. Извлечение данных оборудования:

Используется `BAPI_EQUIPMENT_GETLIST` для получения списка оборудования с указанными серийными номерами.

`BAPI_EQUI_GETDETAIL` извлекает детальные данные по каждому оборудованию, включая общее время работы (`TOTAL_RUNTIME`), время простоя (`TOTAL_DOWNTIME`) и количество выпущенной продукции (`PRODUCED_UNITS`).

3. Расчет метрик эффективности:

OEE (Общая эффективность оборудования) – рассчитывается как отношение произведенной продукции ко времени работы.

Availability (Доступность) – рассчитывается как отношение времени работы к сумме времени работы и простоя.

MTBF (Среднее время наработки на отказ) – рассчитывается как общее время работы, деленное на количество отказов (здесь условно равное количеству записей).

MTTR (Среднее время восстановления) – общее время простоя, деленное на количество отказов [6].

Вывод результатов исследований: Полученные метрики выводятся для анализа.

Для примера с SAP ERP и расчета производственных показателей с использованием реальных данных рассмотрели производственную линию, где хранятся данные о времени работы, времени простоя и объеме производства. Предположим, следующие значения:

1. Оборудование № 1:

– Время работы (Runtime): 2000 часов

– Время простоя (Downtime): 500 часов

– Количество произведенной продукции (Produced Units): 8000 единиц

2. Оборудование № 2:

– Время работы (Runtime): 1500 часов

– Время простоя (Downtime): 300 часов

– Количество произведенной продукции (Produced Units): 6000 единиц

Пример кода на Python для расчета OEE и других показателей:

```

# Подключение к SAP ERP
from pyrfc import Connection
import datetime

# Параметры подключения к SAP ERP
conn_params = {
    'user': 'SAP_USER',
    'passwd': 'PASSWORD',
    'ashost': 'SAP_SERVER_ADDRESS',
    'sysnr': '00',

```

```

'client': '100',
'lang': 'EN'
}
conn = Connection(**conn_params)
# Пример данных
equipment_data = [
    {'Runtime': 2000, 'Downtime': 500, 'Produced': 8000},
    {'Runtime': 1500, 'Downtime': 300, 'Produced': 6000}
]
# Функция для расчета OEE и других показателей
def calculate_efficiency(data):
    total_runtime = sum(item['Runtime'] for item in data)
    total_downtime = sum(item['Downtime'] for item in data)
    production_output = sum(item['Produced'] for item in data)
    # OEE
    oee = (production_output / total_runtime) * 100
    # Availability
    availability = (total_runtime / (total_runtime + total_downtime)) * 100
    # MTBF и MTTR
    mtbf = total_runtime / len(data) # Среднее время работы между отказами
    mttr = total_downtime / len(data) # Среднее время восстановления
    return {
        'OEE': oee,
        'Availability': availability,
        'MTBF': mtbf,
        'MTTR': mttr
    }
# Расчет метрик на основе данных оборудования
efficiency_metrics = calculate_efficiency(equipment_data)
print("Показатели эффективности оборудования:")
print(f'OEE (Общая эффективность оборудования): {efficiency_metrics["OEE"]:.2f}%')
print(f'Availability (Доступность): {efficiency_metrics["Availability"]:.2f}%')
print(f'MTBF (Среднее время наработки на отказ): {efficiency_metrics["MTBF"]:.2f} часов')
print(f'MTTR (Среднее время восстановления): {efficiency_metrics["MTTR"]:.2f} часов')

```

Результаты:

На основе вышеуказанных данных скрипт рассчитал:

- OEE: показывает, насколько эффективно оборудование производит продукцию за время своей работы – около 80%
- Availability: определяет, какую часть общего времени оборудование находилось в рабочем состоянии – около 80%.
- MTBF и MTTR: помогают определить среднее время между отказами и среднее время восстановления после простоя, что важно для анализа надёжности и доступности оборудования. MTBF: 1750 часов, MTTR: 400 часов.

Этот код на Python показывает, как с помощью интеграции с SAP ERP можно проводить автоматизированный расчет ключевых показателей эффективности, что помогает в исследовании возможностей оптимизации производственных процессов и принятию более обоснованных решений на основе данных.

Coca-Cola Hellenic Bottling Company, один из крупнейших производителей и дистрибьюторов продукции Coca-Cola, внедрила SAP S/4HANA для улучшения управления логистикой и прозрачности цепочки поставок. В рамках трёхмесячного проекта компания интегрировала SAP с системой Shippeo для мониторинга транспортных операций, что позволило снизить логистические затраты и улучшить качество обслуживания [7].

Результаты:

- Внедрение SAP ERP началось в 2003 году и охватило 15 000 пользователей в 45 странах, интегрировав 175 юридических лиц и 18 языков.
- Улучшилась координация между подразделениями.
- Сократились операционные расходы.
- Повысилась точность планирования запасов.

Siemens Tecnomatix – это программный комплекс для моделирования и симуляции производственных процессов. Его основной задачей является оптимизация производственных линий за счет прогнозирования и симуляции различных сценариев работы. Программа позволяет заранее выявить возможные узкие места в процессе производства, что способствует улучшению планирования и сокращению простоев.

Основные возможности Siemens Tecnomatix:

- Моделирование производственных процессов.
- Симуляция возможных сценариев работы оборудования.
- Оценка и оптимизация загрузки производственных мощностей.
- Поддержка инструментов для промышленного инжиниринга.

Для автоматизации анализа производственных процессов в Tecnomatix с использованием C# разработан код, который подключается к Tecnomatix через COM интерфейс, выполняет симуляции и экспортирует ключевые данные, такие как время работы, время простоя и количество произведенных единиц продукции, в файл CSV для дальнейшего анализа [8].

Код ищет в модели объекты типа Machine и извлекает три основных показателя для каждого объекта:

Runtime (время работы): отражает общее время, в течение которого оборудование активно работает.

Downtime (время простоя): указывает, сколько времени оборудование находилось в неактивном состоянии.

ProducedUnits (количество выпущенной продукции): показывает, сколько единиц продукции было произведено данным оборудованием.

Чтобы проиллюстрировать работу кода с конкретными данными, добавили в пример кода реальные значения и предположили некоторые результаты. Ниже представлен обновленный код, где для каждой машины заданы конкретные значения для времени работы, простоя и выпущенных единиц продукции, и это позволило получить конкретный вывод в файл CSV.

```
using System;
using System.IO;
using System.Runtime.InteropServices;
using Tecnomatix.Engineering;
namespace TecnomatixAnalysis
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            // Инициализация Tecnomatix COM объекта
            TxApplication txApp = new TxApplication();
            txApp.Init();
            try
            {
                // Открытие модели Tecnomatix
                TxDocument txDoc = txApp.OpenDocument(@"C:\path\to\your\model.spp");
                // Доступ к объектам модели (пример данных)
                // Список машин с заданными значениями (в реальном сценарии эти данные будут извлекаться из свойств)
                var machinesData = new[]
                {
                    new { MachineID = "Machine_01", Runtime = 3600.0, Downtime = 300.0, ProducedUnits = 500 },
                    new { MachineID = "Machine_02", Runtime = 4000.0, Downtime = 200.0, ProducedUnits = 450 },
                    new { MachineID = "Machine_03", Runtime = 3800.0, Downtime = 100.0, ProducedUnits = 480 }
                };

                // Подготовка файла CSV
                using (StreamWriter writer = new StreamWriter("tecnomatix_output.csv"))
                {
                    writer.WriteLine("MachineID, Runtime, Downtime, ProducedUnits");

                    foreach (var machine in machinesData)
                    {
                        // Запись данных в CSV
                        writer.WriteLine($"{machine.MachineID}, {machine.Runtime}, {machine.Downtime}, {machine.ProducedUnits}");
                    }
                }

                Console.WriteLine("Данные успешно экспортированы в tecnomatix_output.csv");
            }
            catch (COMException ex)
            {
                Console.WriteLine("Ошибка подключения к Tecnomatix: " + ex.Message);
            }
            finally
            {
            }
        }
    }
}
```

```

    // Закрытие Tescnomatix
    txApp.Quit();
  }
}
}

```

– Machine_01: Время работы (Runtime) – 3600 секунд, время простоя (Downtime) – 300 секунд, произведено 500 единиц продукции.

Machine_02: Время работы – 4000 секунд, время простоя – 200 секунд, произведено 450 единиц продукции.

– Machine_03: Время работы – 3800 секунд, время простоя – 100 секунд, произведено 480 единиц продукции.

После выполнения программы в файле tecnomatix_output.csv обнаружены такие данные:

```

MachineID, Runtime, Downtime, ProducedUnits
Machine_01, 3600.0, 300.0, 500
Machine_02, 4000.0, 200.0, 450
Machine_03, 3800.0, 100.0, 480

```

Для оценки общей эффективности оборудования (OEE), а также анализа времени простоя и производительности каждой машины, воспользовались следующими формулами:

OEE – Общая эффективность оборудования:

$$OEE = \frac{\text{Фактическое время работы} \times \text{Производительность} \times \text{Качество}}{\text{Плановое рабочее время}} \times 100\% \quad [1].$$

В нашем примере у нас есть данные по времени работы и простоя, что позволяет рассчитать фактическое время работы и предполагаемое плановое рабочее время.

Коэффициент доступности (Availability):

$$\text{Availability} = \frac{\text{Фактическое время работы}}{\text{Плановое рабочее время}} \quad [2].$$

Производительность (Performance):

$$\text{Performance} = \frac{\text{Произведенные единицы}}{\text{Максимальная потенциальная производительность}} \quad [3].$$

Для простоты примера предположили, что максимальная производительность машины – 500 единиц продукции за заданное время работы (за 1 час).

Входные данные для расчетов (из CSV):

Machine_01: Runtime = 3600 секунд, Downtime = 300 секунд, ProducedUnits = 500

Machine_02: Runtime = 4000 секунд, Downtime = 200 секунд, ProducedUnits = 450

Machine_03: Runtime = 3800 секунд, Downtime = 100 секунд, ProducedUnits = 480

Плановое рабочее время для каждой машины можно считать как Runtime + Downtime.

Расчеты для каждой машины:

1. Фактическое время работы = Runtime

2. Плановое рабочее время = Runtime + Downtime

3. Availability = Фактическое время работы / Плановое рабочее время

4. Performance = Произведенные единицы / 500 (максимальная потенциальная производительность)

5. OEE = Availability × Performance × 100%.

Полученные результаты анализа OEE для каждой машины свели в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты полученные после анализа

Показатель	Machine_01	Machine_02	Machine_03
Availability, (%)	92,31	95,24	97,44
Performance, (%)	100,00	90,00	96,00
OEE, (%)	92,31	85,71	93,54

Такой подход автоматизирует процесс извлечения данных из симуляций Tecnomatix, позволяя инженерам проводить более точный и своевременный анализ производственных процессов. Полученные данные можно использовать для оптимизации производственных линий, что способствует повышению общей производительности, сокращению простоев и улучшению контроля над выпуском продукции [9].

1C:ERP – это локальная система управления производственными процессами, популярная среди российских предприятий. Она предоставляет инструменты для учета всех видов производственных операций, включая управление материальными потоками, расчет себестоимости продукции, а также планирование и учет загрузки производственного оборудования [10].

Преимущества 1C:ERP:

- интеграция с другими продуктами 1С;
- автоматизация управления материальными ресурсами;
- простота использования для малого и среднего бизнеса.
- низкая стоимость по сравнению с зарубежными аналогами.

Пример использования 1C: ERP для оценки производственных метрик на основе доступных данных о состоянии оборудования и процессе производства. В этом примере будет продемонстрирован код на 1С, который позволяет рассчитать метрики, такие как ОЕЕ (общая эффективность оборудования), MTBF (среднее время наработки на отказ), MTTR (среднее время восстановления после отказа). Код предполагает, что в 1С хранятся данные о времени работы оборудования, времени его простоя и количестве произведенной продукции.

Предположим, у нас есть следующие данные об оборудовании за определённый период:

- Время работы (ВремяРаботы): 1000 часов
- Время простоя (ВремяПростоя): 50 часов
- Количество выпущенной продукции (Выпуск): 8000 единиц
- Количество отказов (КоличествоОтказов): 10

Пример расчета ключевых метрик с конкретными данными на 1 С:

```
Процедура РассчитатьПоказателиЭффективностиОборудования()
// Конкретные данные
ВремяРаботы = 1000; // Время работы оборудования в часах
ВремяПростоя = 50; // Время простоя оборудования в часах
Выпуск = 8000; // Количество выпущенной продукции
КоличествоОтказов = 10; // Количество отказов оборудования

// Расчет ОЕЕ (общая эффективность оборудования)
ОЕЕ = ?(ВремяРаботы <> 0, (Выпуск / ВремяРаботы) * 100, 0);

// Расчет доступности (Availability)
Доступность = ?((ВремяРаботы + ВремяПростоя) <> 0, (ВремяРаботы / (ВремяРаботы + ВремяПростоя)) * 100, 0);

// Расчет MTBF (среднее время наработки на отказ)
MTBF = ?(КоличествоОтказов <> 0, ВремяРаботы / КоличествоОтказов, 0);

// Расчет MTTR (среднее время восстановления)
MTTR = ?(КоличествоОтказов <> 0, ВремяПростоя / КоличествоОтказов, 0);

// Вывод результатов
Сообщить("ОЕЕ (Общая эффективность оборудования): " + Формат(ОЕЕ, "ЧДЦ=0") + "%");
Сообщить("Доступность оборудования: " + Формат(Доступность, "ЧДЦ=0") + "%");
Сообщить("MTBF (Среднее время наработки на отказ): " + Формат(MTBF, "ЧДЦ=0.00") + " часов");
Сообщить("MTTR (Среднее время восстановления): " + Формат(MTTR, "ЧДЦ=0.00") + " часов");
КонецПроцедуры
```

Программа выведет следующие данные:

- ОЕЕ (Общая эффективность оборудования): 800%
- Доступность оборудования: 95.24%
- MTBF (Среднее время наработки на отказ): 100 часов
- MTTR (Среднее время восстановления): 5 часов.

Обсуждение

Сравнительный анализ программных решений. Чтобы оценить, какое программное решение лучше всего подходит для конкретного предприятия, рассмотрим их по следующим критериям: функциональность, интеграция, стоимость и сложность внедрения (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ программных решений

Программный инструмент	Функциональность	Возможности интеграции	Цена	Сложность внедрения
SAP ERP	Высокая	Отличные глобальная интеграция)	Высокая	Сложное
Siemens Tecnomatix	Высокая (симуляция)	Хорошие	Средняя	Средняя
1C	Средняя	Ограниченные (в локальных условиях)	Низкая	Простое

Исходя из полученных результатов видим, что наиболее приемлемыми решениями являются SAP ERP и Siemens Tecnomatix.

Заключение

В статье проведен анализ ключевых программных решений, предназначенных для управления производственными процессами. Обсуждены их основные возможности и представлены примеры успешного внедрения. В дальнейшем такие инструменты будут становиться ещё более умными, гибкими и доступными, что создаст новые возможности для предприятий. Компании любого размера должны быть готовы к цифровой трансформации, чтобы не упустить шансы повысить производительность и оптимизировать свою деятельность. Современные программные решения становятся неотъемлемой составляющей производственных операций, и их выбор следует осуществлять с учётом специфики и масштаба предприятия. Грамотная интеграция таких решений способна привести к значительным улучшениям как в экономическом плане, так и в операционной деятельности.

Список литературы

1. Акулич И.Л. Информационные системы в экономике и управлении / И.Л. Акулич. – М.: Высшая школа, 2016.
2. Краевский Ю.А. Методы и модели оценки эффективности производственных систем / Ю.А. Краевский. – СПб.: Политехника, 2019.
3. Иванов П.В. Современные программные решения для управления производственными процессами / П.В. Иванов // Управление производством. – 2020. – № 3. – С. 25-32.
4. Siemens AG. Siemens Tecnomatix: Simulation and Digital Manufacturing Solutions [Электронный ресурс]. – Доступно на: <https://www.siemens.com>.
5. SAP SE. SAP ERP: Streamlining Enterprise Resource Management [Электронный ресурс]. – Доступно на: <https://www.sap.com>.
6. Zuehlke D. SmartFactory – Towards a Factory-of-Things / D. Zuehlke // Annual Reviews in Control. – 2010. – Vol. 34, № 1. – P. 129-138.
7. Крылова Т.С. Интеграция ERP и MES систем на предприятии / Т.С. Крылова, В.А. Лазарев. – М.: ИД «Финансы и управление», 2021.
8. Kagermann H. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 / H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig. – Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. – Frankfurt am Main: Forschungsunion, 2013.
9. Гаврилов С.П. Интернет вещей в промышленности: перспективы и вызовы / С.П. Гаврилов // Вестник Информационных Технологий. – 2022. – № 1. – С. 57-65.
10. Bicheno J. The Lean Toolbox: A Handbook for Lean Transformation / J. Bicheno, M. Holweg. – 5th ed. – PICSIE Books, 2016.

References

1. Akulich I.L. Informatsionnye sistemy v ehkonomike i upravlenii / I.L. Akulich. – M.: Vysshaya shkola, 2016. (In Russian).
2. Kraevskii YU.A. Metody i modeli otsenki ehffektivnosti proizvodstvennykh sistem / YU.A. Kraevskii. – SPb.: Politekhnik, 2019. (In Russian).
3. Ivanov P.V. Sovremennye programmnye resheniya dlya upravleniya proizvodstvennymi protsessami / P.V. Ivanov // Upravlenie proizvodstvom. – 2020. – № 3. – S. 25-32. (In Russian).

4. Siemens AG. Siemens Tecnomatix: Simulation and Digital Manufacturing Solutions [Ehlektronnyi resurs]. – Dostupno na: <https://www.siemens.com>. (In English).
5. SAP SE. SAP ERP: Streamlining Enterprise Resource Management [Ehlektronnyi resurs]. – Dostupno na: <https://www.sap.com>. (In English).
6. Zuehlke D. SmartFactory – Towards a Factory-of-Things / D. Zuehlke // Annual Reviews in Control. – 2010. – Vol. 34, № 1. – P. 129-138. (In English).
7. Krylova T.S. Integratsiya ERP i MES sistem na predpriyatii / T.S. Krylova, V.A. Lazarev. – M.: ID «Finansy i upravlenie», 2021. (In Russian).
8. Kagermann H. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 / H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig. – Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. – Frankfurt am Main: Forschungsunion, 2013. (In English).
9. Gavrilov S.P. Internet veshchei v promyshlennosti: perspektivy i vyzovy / S.P. Gavrilov // Vestnik Informatsionnykh Tekhnologii. – 2022. – № 1. – S. 57-65. (In Russian).
10. Bicheno J. The Lean Toolbox: A Handbook for Lean Transformation / J. Bicheno, M. Holweg. – 5th ed. – PICSIE Books, 2016. (In English).

А.Е. Найманов, А.К. Шайханова*

Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Қазақстан, Астана қ., Қайым Мұхамедханов к-сі, 37А
*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

ӨНДІРІСТІК ПРОЦЕСТЕРДІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада өндірістік процестердің тиімділігін бағалау үшін заманауи бағдарламалық құралдарды кешенді зерттеу жүргізіледі. ОЕЕ (жабдықтың жалпы тиімділігі), MTBF (істен шығудың орташа уақыты), MTTR (қалпына келтірудің орташа уақыты), Еңбек өнімділігі және кәсіпорындарға өнімділікті өлшеуге және талдауға көмектесетін бірлік шығындары сияқты негізгі көрсеткіштер қарастырылады. SAP ERP, Siemens Tecnomatix және 1C сияқты бағдарламалық шешімдерге, олардың функционалдығына, интеграция мүмкіндіктеріне, құны мен енгізудің қарапайымдылығына ерекше назар аударылады. Бұл шешімдерді бірқатар параметрлер бойынша салыстырмалы талдау берілген. Сондай-ақ кәсіпорындарда бағдарламалық құралдарды сәтті енгізу мысалдары қарастырылады, бұл шығындарды азайту және өнімділікті арттыру сияқты өндірістік көрсеткіштердің айтарлықтай жақсаруына әкелді. Кәсіпорындардың нақты қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жүйелерді бейімдеу және модульдеу мүмкіндіктері қарастырылады.

Түйін сөздер: бағдарламалық құралдар, Өндірістік процестерді бағалау, болжамды талдау, өндірістік тиімділік.

A.E. Naimanov, A.K. Shaikhanova*

K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business,
Kazakhstan, Astana, Kayym Mukhamedkhanov str., 37A
*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

STUDY OF THE CAPABILITIES OF SOFTWARE TOOLS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION PROCESSES

The article conducts a comprehensive study of modern software tools for evaluating the efficiency of production processes. Key metrics such as OEE (Overall Equipment Effectiveness), MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair), labor productivity, and unit production costs are considered, which help enterprises measure and analyze performance. Particular attention is given to software solutions such as SAP ERP, Siemens Tecnomatix, and 1C, their functionality, integration capabilities, cost, and ease of implementation. A comparative analysis of these solutions based on a number of parameters is provided. Examples of successful implementation of software tools in enterprises are also considered, which led to a significant improvement in production indicators, such as cost reduction and increased productivity. The possibilities of system adaptation and modularity to meet the specific needs of enterprises are considered.

Key words: software tools, production process evaluation, predictive analysis, production efficiency.

Сведения об авторах

Әділ Ерболұлы Найманов – магистрант 1-го курса; специальность Информационные системы; Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова; Республика Казахстан; e-mail: Adil7473@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3935-0866>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – профессор кафедры информационной безопасности; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; Республика Казахстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Авторлар туралы мәліметтер

Әділ Ерболұлы Найманов – 1 курс магистранты; Ақпараттық жүйелер мамандығы; Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: Adil7473@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3935-0866>.

Айгуль Кайрулақызы Шайханова* – ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры; Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Information about the authors

Naimanov Adil Erboluly – 1st-year master's student; specialty Information Systems; Kazakh University of Technology and Business named after K. Kuanyshbaev; Republic of Kazakhstan; e-mail: Adil7473@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3935-0866>.

Aigul Kairulaevna Shaikhanova* – professor of the department of Information Security; Eurasian National University named after L.N. Gumilyov; Republic of Kazakhstan; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Поступила в редакцию 20.11.2024

Поступила после доработки 25.11.2024

Принята к публикации 26.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-16)

МРНТИ: 81.93.29.



И.Ж. Мейрамов

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, Пушкина 11

*e-mail: gentelmen3332@mail.ru

РОЛЬ ЗАЩИТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЯДРА В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ АТАК НА УРОВНЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX

Аннотация: В современных операционных системах Linux безопасность является критически важным аспектом, и ядро играет центральную роль в ее обеспечении. Ядро выступает посредником между аппаратными ресурсами и прикладным программным обеспечением, контролируя доступ к системным ресурсам и управляя выполнением процессов. Одной из ключевых функций ядра является защита системы от разнообразных киберугроз и атак, нацеленных на эксплуатацию уязвимостей на уровне операционной системы. В данной работе рассматриваются основные защитные механизмы, реализованные в ядре Linux, такие как контроль доступа (SELinux, AppArmor), рандомизация адресного пространства (ASLR), защита памяти (DEP, Stack Guard) и ограничения привилегий. Обсуждаются способы, которыми эти механизмы предотвращают или ограничивают воздействие атак, включая переполнение буфера, внедрение вредоносного кода и эскалацию привилегий. Анализируется эффективность этих методов и их роль в общей стратегии обеспечения кибербезопасности систем на базе Linux.

Кроме того, в работе освещаются текущие тенденции и перспективы развития защитных механизмов ядра, включая интеграцию аппаратных средств безопасности и применение технологий машинного обучения для обнаружения угроз. Подчеркивается важность своевременного обновления ядра и системных компонентов, а также активная роль пользователей и администраторов в поддержании высокого уровня безопасности. Таким образом, статья предоставляет комплексный обзор того, как ядро Linux способствует предотвращению атак на уровне операционной системы и какие меры могут быть предприняты для усиления защиты в будущем.

Ключевые слова: ядро Linux, безопасность системы, защитные механизмы, контроль доступа, ограничения прав, атаки, переполнение буфера, внедрение кода.

Введение

Современный мир все больше зависит от информационных технологий. Корпорации и государственные органы хранят огромные объемы конфиденциальных данных, проводят важные финансовые операции и принимают критически важные решения в цифровом пространстве. Это делает их привлекательной мишенью для киберпреступников. Киберугрозы становятся все более сложными из-за увеличения числа устройств, усложнения атак, повышения квалификации злоумышленников и экономической мотивации.

Операционная система – это фундамент, на котором строится вся информационная инфраструктура организации. Компрометация операционной системы может привести к серьезным последствиям: потере данных, финансовым потерям, репутационным рискам и сбоям в работе критически важных систем. Linux, благодаря своей надежности, безопасности и открытости, широко используется в корпоративном и государственном секторах. Однако, даже такие системы не застрахованы от атак. Открытость кода, с одной стороны, позволяет сообществу находить и исправлять уязвимости, но с другой – делает систему более прозрачной для злоумышленников. Защита операционных систем, особенно в корпоративном и государственном секторах, является одной из наиболее актуальных задач информационной безопасности. Постоянно развивающиеся киберугрозы требуют постоянного совершенствования защитных механизмов. Использование многоуровневой защиты, включая аппаратные и программные средства, а также обучение персонала, является ключевым фактором обеспечения безопасности информационных систем.

В следующих разделах мы рассмотрим более подробно защитные механизмы ядра Linux и то, как они помогают предотвратить различные типы атак.

Методы исследования.

В ходе исследования роли защитных механизмов ядра в предотвращении атак на уровне операционных систем Linux был применён комплексный методологический подход. Сначала проведён детальный анализ литературы и документов, включая научные публикации, техническую документацию ядра Linux и отчёты о безопасности, что позволило собрать актуальную информацию о существующих механизмах защиты, таких как SELinux, AppArmor, ASLR и других, а также понять их теоретические основы и практическое применение. Далее выполнен сравнительный анализ различных защитных механизмов ядра. Оценивалась их эффективность, влияние на производительность системы и сложность настройки. Это помогло выявить сильные и слабые стороны каждого механизма и определить наиболее подходящие для разных сценариев использования.

Для понимания базовых этапов исследования, разберём определения механизмов значения.

SELinux (Security-Enhanced Linux) – это система управления доступом на основе политик безопасности, встроенная в ядро Linux. Она предоставляет механизм для ограничения доступа к ресурсам на уровне ядра, используя контекстную модель управления доступом (MAC – Mandatory Access Control). В отличие от традиционной системы управления доступом (DAC – Discretionary Access Control), где контроль принадлежит пользователям, SELinux позволяет администраторам задавать строгие политики, определяющие, какие процессы и пользователи могут взаимодействовать с конкретными файлами, сетевыми портами и системными объектами.

AppArmor (Application Armor) – это система безопасности на основе профилей, которая ограничивает действия приложений в операционных системах на основе Linux. Она использует механизм управления доступом (MAC – Mandatory Access Control) для применения наборов разрешений (профилей), описывающих, какие ресурсы (файлы, каталоги, сетевые соединения) доступны конкретным приложениям. В отличие от SELinux он более прост в настройке, так как использует файловую модель профилей, где ограничения задаются в виде текстовых файлов. Профили можно создавать в ручном режиме или автоматически с помощью инструментов обучения, которые анализируют поведение приложения.

ASLR (Address Space Layout Randomization) – это механизм защиты памяти, используемый в операционных системах для предотвращения атак, основанных на

предсказуемости адресов в памяти, таких как переполнение буфера или возврат в либ (return-to-libc). Он случайным образом изменяет базовые адреса ключевых участков памяти, включая стек, кучу, сегменты данных и код, а также загружаемые динамические библиотеки. Благодаря этому злоумышленнику становится практически невозможно предсказать, где в памяти находится нужный ему код или данные, что значительно затрудняет эксплуатацию уязвимостей, например, для реализации атак типа return-to-libc или использования шеллкода. ASLR особенно эффективен в сочетании с другими защитными механизмами, такими как NX-бит, делая атаки на память гораздо сложнее или вовсе невозможными.

NX-бит (No-eXecute бит) – аппаратная технология защиты памяти, используемая в современных процессорах для предотвращения выполнения кода в областях памяти, которые предназначены только для хранения данных. NX-бит помогает защитить систему от атак, таких как переполнение буфера, где злоумышленники пытаются записать и выполнить свой вредоносный код в памяти.

Когда NX-бит активирован, процессор маркирует определённые участки памяти (например, стек или кучу) как «неисполняемые». Если попытаться выполнить код из этих областей, процессор заблокирует выполнение, что предотвращает эксплуатацию уязвимости. Технология является важной частью современных механизмов защиты операционных систем (например, DEP – Data Execution Prevention в Windows).

Она эффективно снижает риск выполнения произвольного кода, добавляя дополнительный уровень защиты от атак.

Механизм активно используется в современных ОС, таких как Linux, Windows и macOS, в качестве меры повышения сложности атак и уменьшения вероятности их успешного выполнения.

Ключевым этапом исследования стало экспериментальное тестирование. В специально созданной тестовой среде были настроены различные защитные механизмы, после чего смоделированы различные виды атак, включая переполнение буфера, эскалацию привилегий и обход аутентификации. Дополнительно проведено нагрузочное тестирование для оценки влияния внедрённых механизмов защиты на производительность системы и отклик приложений. Для более глубокого анализа использовались инструменты фаззинга и статического анализа кода. Фаззинг помог выявить потенциальные уязвимости в ядре, генерируя случайные или некорректные входные данные и наблюдая за реакцией системы. Статический анализ исходного кода ядра позволил обнаружить возможные логические ошибки и уязвимости, связанные с управлением памятью и обработкой данных. Были проведены интервью с экспертами в области информационной безопасности и системными администраторами, имеющими опыт работы с защитными механизмами ядра Linux. Их практические знания и наблюдения предоставили ценные инсайты о реальных проблемах и эффективных методах защиты в производственных средах.

Статистический анализ инцидентов безопасности, связанных с операционными системами Linux, позволил выявить тенденции в методах атак и оценить эффективность существующих мер защиты. Анализ данных о зарегистрированных уязвимостях и их эксплуатации помог сфокусироваться на наиболее актуальных угрозах и разработать рекомендации по их предотвращению.

Результаты исследования

В результате проведённого исследования были выявлены ключевые аспекты эффективности защитных механизмов ядра Linux в предотвращении атак на уровне операционной системы. Анализ научной литературы и технической документации показал, что интеграция механизмов контроля доступа, таких как SELinux и AppArmor, существенно повышает уровень безопасности системы. Эти инструменты, основанные на мандатной модели контроля доступа, позволяют задавать детальные политики безопасности, ограничивающие действия процессов и пользователей, что снижает риск эксплуатации уязвимостей из-за неправомерных действий или ошибок конфигурации. Сравнительный анализ различных защитных механизмов продемонстрировал, что сочетание нескольких методов, таких как ASLR (Address Space Layout Randomization) и NX-бит (No-eXecute bit), обеспечивает более высокую устойчивость к атакам, направленным на переполнение буфера и выполнение произвольного кода (табл. 1). Экспериментальные тестирования в контролируемой среде подтвердили, что использование ASLR затрудняет злоумышленникам

предсказание расположения исполняемого кода и данных в памяти, тем самым уменьшая вероятность успешной эксплуатации уязвимостей:

Таблица 1 – Сравнительный анализ защитных механизмов ядра Linux

Механизм	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
SELinux	Основан на мандатной модели контроля доступа (MAC), задаёт строгие политики безопасности.	Гибкость, высокая степень контроля над действиями процессов.	Сложен в настройке, требует глубоких знаний для конфигурации.
AppArmor	Использует MAC, профили проще в настройке, ограничивает доступ процессов и пользователей.	Простота настройки, подходит для сред с умеренными требованиями к безопасности.	Менее гибок в сложных сценариях, ограниченные возможности настройки.
ASLR	Случайно распределяет адреса областей памяти, усложняет предсказание расположения данных и кода.	Усложняет успешное выполнение атак на память, таких как переполнение буфера.	Может быть неэффективен при низкой энтропии или утечке адресов.
NX-бит	Маркирует области памяти как «неисполняемые», предотвращает выполнение кода из этих областей.	Защищает от исполнения вредоносного кода в уязвимых областях памяти.	Не защищает от атак, связанных с утечкой данных или предсказанием адресов.

Практические испытания с моделированием атак показали, что механизмы защиты памяти, такие как Stack Canaries эффективно предотвращают попытки переполнения буфера и манипуляции стеком вызовов. В ходе тестирования была зафиксирована значительная сложность в обходе этих защитных барьеров, что подтверждает их действенность в реальных условиях эксплуатации.

Stack Canaries – это защитный механизм, который добавляет специальное значение (канарейку) перед адресом возврата в стеке. Если переполнение буфера затрагивает канарейку, её значение изменяется, что позволяет обнаружить атаку до выполнения вредоносного кода. При вызове функции в стек перед адресом возврата записывается специальное значение (канарейка), генерируемое случайным образом при загрузке программы. Перед завершением функции это значение проверяется. Если канарейка была изменена, программа распознаёт это как попытку переполнения и аварийно завершает выполнение, предотвращая эксплуатацию уязвимости. Существует несколько типов канареек: статические, случайные и терминальные, которые используют байты, прерывающие строковые операции.

Разберем пример, указанный на рисунке 1:

1. Программа получает ввод из 100 символов «А».
2. В точке останова в функции askUser() происходит анализ стека (x/16x \$rbp-32), где

видно:

- значение 0x75c55e80bc05af00 представляет собой канарейку,
- адрес возврата (0x0000555555551db) остаётся неизменным.

3. Защита работает корректно: ввод «А» не затронул значение канарейки, что говорит о том, что переполнения буфера не произошло.

```

Starting program: /home/osboxes/canaries/user3_input_can < <(python -c 'print "A"*100')
/bin/bash: python: command not found
Tell me your name, please

Breakpoint 1, 0x000055555555220 in askUser ()
(gdb) x/16x $rbp-32
0x7fffffffef018: 0x0000000000000000      0x0000000000000000
0x7fffffffef020: 0x00005555555552d0      0x75c55e80bc05af00
0x7fffffffef030: 0x00007fffffffef040      0x00005555555551db
0x7fffffffef040: 0x00005555555552d0      0x00007ffff7df3cb2
0x7fffffffef050: 0x00007fffffffef138      0x00000000f7df3ad3
0x7fffffffef060: 0x00005555555551c9      0x0000000000000000
0x7fffffffef070: 0x0000000000000000      0x939f000000000000
0x7fffffffef080: 0x00005555555550e0      0x0000000000000000
(gdb) bt
#0  0x000055555555220 in askUser ()
#1  0x0000555555551db in main ()
(gdb)

```

Рисунок 1 – Отладка программы в GDB (GNU Debugger) с целью анализа работы защиты Stack Canaries

Интервью с экспертами в области информационной безопасности подчеркнули важность регулярного обновления ядра и системных компонентов для поддержания высокого уровня защиты. Специалисты отметили, что своевременное применение патчей и обновлений устраняет известные уязвимости и снижает риск успешных атак. Кроме того, была подчеркнута необходимость правильной настройки защитных механизмов и обучения персонала, ответственного за безопасность системы. Статистический анализ инцидентов безопасности подтвердил тенденцию снижения количества успешных атак на системы с правильно настроенными и обновлёнными механизмами защиты ядра. Однако было отмечено, что человеческий фактор и ошибки конфигурации по-прежнему остаются значимыми факторами риска, что непосредственно указывает на необходимость не только технических, но и организационных мер, направленных на повышение осведомлённости пользователей и администраторов о современных угрозах и методах их предотвращения.

В целом, результаты исследования демонстрируют, что защитные механизмы ядра Linux являются эффективными инструментами в предотвращении широкого спектра атак на уровне операционной системы. Комплексный подход, включающий использование различных механизмов защиты, регулярное обновление системы и обучение персонала, значительно повышает общий уровень безопасности. Однако постоянное развитие методов атаки требует непрерывного совершенствования защитных мер и адаптации к новым угрозам, что подчёркивает важность дальнейших исследований в этой области.

Обсуждение научных результатов

Результаты проведенного исследования подтверждают важность и эффективность встроенных защитных механизмов ядра Linux в предотвращении атак на уровне операционной системы (рис. 2). Выявлено, что комбинация различных механизмов безопасности, таких как контроль доступа (SELinux, AppArmor), управление памятью (ASLR, NX-бит) и защита от переполнения буфера (Stack Canaries), обеспечивает многоуровневую защиту системы, существенно снижая вероятность успешной эксплуатации уязвимостей.



Рисунок 2 – Архитектура ядра операционной системы Linux и ее компоненты защиты

Анализ показал, что использование мандатных моделей контроля доступа, реализованных через SELinux и AppArmor, позволяет значительно ограничить возможности злоумышленников, даже в случае компрометации отдельных приложений или сервисов. Детально настроенные политики безопасности препятствуют несанкционированному доступу к критическим ресурсам и предотвращают эскалацию привилегий. Однако, эффективное применение этих механизмов требует глубокой экспертной настройки и понимания принципов их работы, что может быть затруднительно для неквалифицированных администраторов. Экспериментальные данные подтвердили, что механизмы защиты памяти, такие как ASLR и NX-бит, значительно усложняют проведение атак, основанных на переполнении буфера и выполнении произвольного кода. Рандомизация адресного пространства затрудняет злоумышленникам прогнозирование расположения полезной нагрузки, а маркировка областей памяти как невыполняемых предотвращает запуск кода в областях, предназначенных для данных. Тем не менее, были отмечены случаи, когда продвинутые техники эксплуатации могли обходить эти защиты, что свидетельствует о необходимости их дальнейшего совершенствования.

Обнаружено, что человеческий фактор и ошибки конфигурации остаются существенными рисками для безопасности системы. Неправильная настройка защитных

механизмов или игнорирование обновлений может свести на нет преимущества, предоставляемые ядром Linux. Это подчеркивает важность обучения и повышения квалификации администраторов, а также разработки инструментов для упрощения настройки и управления политиками безопасности.

Кроме того, анализ текущих тенденций в области кибербезопасности показал, что злоумышленники активно разрабатывают новые методы атаки, направленные на обход существующих защитных механизмов. Это требует постоянного обновления и адаптации защитных мер, а также внедрения дополнительных слоев безопасности, таких как системы обнаружения вторжений и поведенческий анализ.

Заключение

Проведённый анализ подтверждает, что ядро операционной системы Linux играет ключевую роль в обеспечении безопасности системы. Встроенные защитные механизмы, такие как контроль доступа, управление памятью и аутентификация, формируют многоуровневую защиту от различных видов атак. Они предотвращают несанкционированный доступ, выполнение вредоносного кода, обеспечивают изоляцию процессов и данных, что существенно повышает устойчивость системы к киберугрозам. Контроль доступа, реализованный через дискреционные и мандатные модели, позволяет гибко и эффективно управлять правами пользователей и процессов, минимизируя риск эксплуатации уязвимостей, связанных с человеческим фактором или ошибками конфигурации. Механизмы управления памятью, такие как виртуальная память, сегментация и страничная организация, обеспечивают защиту от атак, направленных на переполнение буфера и нарушения в работе памяти, а также изоляцию процессов. Практические примеры реальных атак и их предотвращения демонстрируют эффективность этих механизмов в действии. Однако следует отметить, что ни одна система не может быть абсолютно защищённой. Постоянное развитие методов атак требует непрерывного совершенствования защитных мер, регулярного обновления системы и повышения квалификации специалистов в области безопасности.

Современные тенденции в развитии защитных механизмов ядра Linux включают интеграцию аппаратных средств безопасности, использование методов машинного обучения для обнаружения аномалий и угроз, разработку новых подходов к изоляции и ограничению прав процессов. Важную роль играют пользователи и администраторы системы, чьи действия и решения существенно влияют на общий уровень безопасности.

Список литературы

1. Mauerer W. Professional Linux Kernel Architecture / W. Mauerer. – Indianapolis: Wrox Press, 2008. – 1368 p.
2. Love R. Linux Kernel Development / R. Love. – 3rd ed. – Indianapolis: Addison-Wesley Professional, 2010. – 440 p.
3. Sharma S. Linux Security Architecture / S. Sharma // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 40, № 16. – P. 1-7.
4. Smalley S. Implementing SELinux as a Linux Security Module / S. Smalley, C. Vance, W. Salamon // NAI Labs Report. – 2001. URL: <https://www.nsa.gov/portals/75/documents/resources/everyone/digital-media-center/publications/research-papers/implementing-selinux-as-linux-security-module-report.pdf> (дата обращения: 15.10.2023).
5. Grimes R. Linux Buffer Overflow Attack Explained / R. Grimes // Security Strategies in Linux Platforms and Applications. – Boston: Jones & Bartlett Learning. – 2010. – P. 285-310.
6. Куркин А.В. Защита операционных систем семейства Linux / А.В. Куркин. – Москва: ДМК Пресс, 2015. – 320 с.
7. Васильев А.П. Механизмы безопасности в ядре Linux / А.П. Васильев, Б.А. Смирнов // Программные продукты и системы. – 2017. – № 4. – С. 120-125.
8. Edge J. Asynchronous Vulnerability Notification and Linux Kernel Security / J. Edge // Communications of the ACM. – 2019. – Vol. 62, № 6. – P. 18-20.
9. Müller T. A Systematic Assessment of the Security of Full Disk Encryption / T. Müller, F.C. Freiling // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. – 2011. – Vol. 8, № 3. – P. 223-238.
10. Васильев Д.С. Анализ методов рандомизации адресного пространства в Linux / Д.С. Васильев// Информационная безопасность. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 45-51.

References

1. Mauerer W. Professional Linux Kernel Architecture / W. Mauerer. – Indianapolis: Wrox Press, 2008. – 1368 r. (In English).
2. Love R. Linux Kernel Development / R. Love. – 3rd ed. – Indianapolis: Addison-Wesley Professional, 2010. – 440 r. (In English).
3. Sharma S. Linux Security Architecture / S. Sharma // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 40, № 16. – R. 1-7. (In English).
4. Smalley S. Implementing SELinux as a Linux Security Module / S. Smalley, C. Vance, W. Salamon // NAI Labs Report. – 2001. URL: <https://www.nsa.gov/portals/75/documents/resources/everyone/digital-media-center/publications/research-papers/implementing-selinux-as-linux-security-module-report.pdf> (data obrashcheniya: 15.10.2023). (In English).
5. Grimes R. Linux Buffer Overflow Attack Explained / R. Grimes // Security Strategies in Linux Platforms and Applications. – Boston: Jones & Bartlett Learning. – 2010. – R. 285-310. (In English).
6. Kurkin A.V. Zashchita operatsionnykh sistem semeistva Linux / A.V. Kurkin. – Moskva: DMC Press, 2015. – 320 s. (In Russian).
7. Vasil'ev A.P. Mekhanizmy bezopasnosti v yadre Linux / A.P. Vasil'ev, B.A. Smirnov // Programmnye produkty i sistemy. – 2017. – № 4. – S. 120-125. (In Russian).
8. Edge J. Asynchronous Vulnerability Notification and Linux Kernel Security / J. Edge // Communications of the ACM. – 2019. – Vol. 62, № 6. – R. 18-20. (In English).
9. Müller T. A Systematic Assessment of the Security of Full Disk Encryption / T. Müller, F.C. Freiling // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. – 2011. – Vol. 8, № 3. – R. 223-238. (In English).
10. Vasil'ev D.S. Analiz metodov randomizatsii adresnogo prostranstva v Linux / D.S. Vasil'ev// Informatsionnaya bezopasnost'. – 2020. – T. 23, № 2. – S. 45-51. (In Russian).

И.Ж. Мейрамов

Еуразия ұлттық университеті Л.Н.Гумилев атындағы,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Пушкин көшесі, 11
e-mail: gentelmen3332@mail.ru

LINUX ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІ ДЕҢГЕЙІНДЕ ШАБУЫЛДАРДЫ БОЛДЫРМАУДА ЯДРОНЫҢ ҚОРҒАНЫС МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ РӨЛІ

Қазіргі Linux операциялық жүйелерінде қауіпсіздік аса маңызды аспект болып табылады, ал ядро оны қамтамасыз етуде орталық рөл атқарады. Ядро аппараттық ресурстар мен қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз ету арасындағы делдал ретінде жүйелік ресурстарға қолжетімділікті бақылайды және процестердің орындалуын басқарады. Ядроның негізгі функцияларының бірі – операциялық жүйе деңгейіндегі осалдықтарды пайдалану мақсатында бағытталған түрлі кибершабуылдардан жүйені қорғау. Бұл мақалада Linux ядросында іске асырылған негізгі қорғаныс механизмдері қарастырылады, мысалы, қолжетімділікті бақылау (SELinux, AppArmor), адрес кеңістігін рандомизациялау (ASLR), жадты қорғау (DEP, Stack Guard) және артық құқықтарды шектеу. Осы механизмдердің буферді толтыру, зиянды кодты енгізу және құқықтарды арттыру секілді шабуылдарды болдырмау немесе олардың әсерін азайту жолдары талқыланады. Сонымен қатар, осы әдістердің тиімділігі және олар Linux негізіндегі жүйелердің киберқауіпсіздігін қамтамасыз ету стратегиясындағы рөлі талданады.

Мақалада ядроның қорғаныс механизмдерін дамытудағы ағымдағы үрдістер мен болашағы да қамтылған, оның ішінде аппараттық қауіпсіздік құралдарын біріктіру және қауіптерді анықтау үшін машиналық оқыту технологияларын қолдану. Ядро мен жүйелік компоненттерді уақытылы жаңартудың, сондай-ақ, қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етудегі пайдаланушылар мен әкімшілердің белсенді рөлінің маңыздылығы атап өтіледі. Осылайша, мақалада Linux ядросының операциялық жүйе деңгейіндегі шабуылдарды болдырмауда қалай көмектесетіні және болашақта қорғауды күшейту үшін қандай шаралар қолданылуы мүмкін екендігі жан-жақты қарастырылады.

Түйін сөздер: *Linux ядросы, жүйе қауіпсіздігі, қорғаныс механизмдері, қолжетімділікті бақылау, құқықтарды шектеу, шабуылдар, буферді толтыру, кодты енгізу.*

I.Zh. Meyramov

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Pushkin St., 11
e-mail: gentelmen3332@mail.ru

THE ROLE OF KERNEL SECURITY MECHANISMS IN PREVENTING ATTACKS AT THE LINUX OPERATING SYSTEM LEVEL

Security is a critically important aspect of modern Linux operating systems, with the kernel playing a central role in its provision. Acting as an intermediary between hardware resources and application software, the kernel controls access to system resources and manages process execution. One of its key functions is to protect the system from various cyber threats and attacks aimed at exploiting vulnerabilities at the operating system level. This paper examines the main security mechanisms implemented in the Linux kernel, including access control (SELinux, AppArmor), address space randomization (ASLR), memory protection (DEP, Stack Guard), and privilege restrictions. It discusses how these mechanisms prevent or mitigate the impact of attacks such as buffer overflows, malicious code injection, and privilege escalation. The effectiveness of these methods and their role in the overall cybersecurity strategy for Linux-based systems are analyzed.

Additionally, the paper highlights current trends and future prospects for the development of kernel security mechanisms, including the integration of hardware security tools and the use of machine learning technologies to detect threats. The importance of timely kernel and system component updates, as well as the active role of users and administrators in maintaining high-security standards, is emphasized. Thus, the article provides a comprehensive overview of how the Linux kernel contributes to preventing attacks at the operating system level and outlines measures that can be taken to enhance security in the future.

Key words: Linux kernel, system security, security mechanisms, access control, privilege restrictions, attacks, buffer overflow, code injection.

Сведения об авторах

Ильхан Жанатович Мейрамов – магистрант специальности «Системы информационной безопасности», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Автор туралы ақпарат

Илхан Жанатұлы Мейрамов – «Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері» мамандығы бойынша магистрант, Еуразия ұлттық университеті Л.Н. Гумилев атындағы, Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Information about the author

Ilkhan Zhanatovich Meyramov – Master's student in the specialty «Information Security Systems», Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Поступила в редакцию 25.11.2024

Поступила после доработки 02.12.2024

Принята к публикации 03.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-17](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-17)

МРНТИ: 50.43.15



Б.Т. Иманбек^{1,2}, Ж.Е. Байғараева^{1,2*}, А.К. Болтабоева^{1,2}, Ж.Б. Кальпеева¹, А.Б. Копенов²

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. К. Сатпаева, 22

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИОТ И SCADA

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по разработке и внедрению интеллектуальной системы управления параметрами чистых помещений на основе технологий Интернета вещей (IoT), выполненных в рамках проекта по созданию автоматизированной системы мониторинга для медицинских и промышленных объектов. Установлены закономерности технологического процесса управления микроклиматом в чистых помещениях, включая контроль за температурой, влажностью и качеством воздуха, что обеспечивает высокую точность и надежность системы. Рациональные режимы работы системы, поддерживаемые IoT-сенсорами и платформой SCADA,

обеспечивают стабильные параметры окружающей среды, что повышает эффективность работы медицинского оборудования и снижает энергопотребление.

Предложена конструктивная особенность системы управления, позволяющая сократить энергозатраты при увеличении точности мониторинга и поддержании оптимальных условий в чистых помещениях, а также интеграция с облачными платформами для удаленного контроля и анализа данных.

Ключевые слова: интернет вещей (IoT), SCADA, чистые помещения, управление микроклиматом, автоматизация, мониторинг воздуха, температура, влажность.

Введение

Современные промышленные и медицинские объекты предъявляют высокие требования к качеству воздуха и микроклимату внутри помещений, что особенно важно для чистых помещений, используемых в фармацевтическом производстве, лабораториях и медицинских учреждениях [1]. Чистые помещения требуют постоянного контроля за параметрами окружающей среды, такими как температура, влажность, а также уровень загрязняющих веществ в воздухе. Это обусловлено тем, что малейшие отклонения от нормативных значений могут повлиять на качество продукции или безопасность работы персонала.

Традиционные методы контроля за состоянием воздуха и микроклимата в чистых помещениях часто связаны с ручным управлением и значительными затратами ресурсов, что снижает эффективность работы объектов [2]. В последние годы технологии Интернета вещей (IoT) и системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) активно внедряются в различные сферы, предлагая новые возможности для автоматизации процессов мониторинга и управления. Интеллектуальные системы на базе IoT позволяют в реальном времени контролировать параметры окружающей среды, собирать и анализировать данные, а также автоматически управлять оборудованием для поддержания оптимальных условий работы [3].

Системы кондиционирования воздуха в помещениях требуют высокой производительности с точки зрения энергопотребления, чтобы минимизировать затраты за счет обеспечения определенных термогигрометрических условий. Повышение энергоэффективности установок кондиционирования требует тщательного анализа энергетической системы и различных технологических параметров, влияющих на производительность такой системы. Компоненты системы должны быть надлежащим образом спроектированы и оптимизированы, чтобы снизить потребление энергии и выбросы загрязняющих веществ.

Прогнозирующая математическая модель уже была разработана в [4] для изучения эффективности систем кондиционирования воздуха для обеспечения контролируемого микроклимата. Авторы представили оценку энергопотребления с точки зрения энергии на нагрев/охлаждение, увлажнение/осушение и повторный нагрев (когда происходит такой процесс), и их модель была проверена путем сравнения результатов с результатами, полученными с помощью TRNSYS-17, коммерческого программного обеспечения для динамического моделирования, как описано в Ref [5]. Среди технологических параметров, которые играют фундаментальную роль в процессе создания контролируемого микроклимата, в ссылках рассмотрено влияние внешних климатических условий. [6, 7]. В частности, в статье [8] авторы провели анализ характеристик ограждающих конструкций здания, в то время как в статье [9] для оценки энергопотребления системы кондиционирования воздуха была использована динамическая модель. Эффективность всей системы в целом при различных условиях эксплуатации может быть повышена за счет использования численных алгоритмов оптимизации, как показано в [10]. Интересный обзор многоцелевых методов, применяемых к энергетическим системам, приведен в работе [11], где эволюционные алгоритмы были применены к автономной гибридной системе возобновляемой энергетики. Что касается стратегий управления системами HVAC, то методология оптимизации системы отопления разработана и апробирована в [12]. Процесс оптимизации осуществляется путем анализа различных стратегий управления. Неудивительно, что при работе с энергетическими системами процедура оптимизации систем в основном направлена на снижение энергопотребления за счет обеспечения качества воздуха в помещении и одновременного поддержания термогигрометрических параметров в комфортных пределах. Кроме того, процедура

оптимизации учитывает не только потребление энергии, но и ограничения на выбросы загрязняющих веществ. Различные стратегии контроля исследованы в [13], где имитационная модель, предложенная авторами, учитывает выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с особым вниманием к концентрации CO₂. Что касается режимов работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), в источнике [14] рассматривается метод оптимизации, который корректирует наиболее важные параметры процесса для достижения минимального энергопотребления и обеспечения теплового и гигиенического комфорта. Среди параметров процесса – температура охлажденной воды и температура подаваемого воздуха, и в данной работе авторам удалось достичь значительной экономии энергии. Кроме того, метод оптимизации учитывает как водное, так и воздушное потребление. Предложенный алгоритм называется REA (Robust Evolutionary Algorithm), и в источнике [15] показана его эффективность для управления энергией в системах HVAC. Целью настоящей работы является анализ систем управления HVAC для микроклиматических сред. Начиная с предсказательной математической модели AC_Code, разработанной и подтвержденной в источнике [4], представлены две обновленные модели симуляции. Эти модели учитывают различные системы управления расходом воздуха и детальный энергетический баланс кондиционируемой среды. Симуляции выполняются в динамических условиях с шагом симуляции в 1 час и использованием почасовых метеорологических данных. В качестве результата модель симуляции предоставляет данные о потреблении энергии системой кондиционирования воздуха, потреблении электроэнергии системой распределения воздуха, значения температуры и относительной влажности, возникающие в результате процесса кондиционирования, а также термодинамическое состояние влажного воздуха, который покидает кондиционируемую среду. Модель включает в себя энергетический баланс как системы кондиционирования воздуха, так и самой кондиционируемой среды.

Методология и результаты исследования

Разработка интеллектуальной системы управления чистыми помещениями на основе технологий Интернета вещей (IoT) и SCADA осуществлялась в несколько этапов. Основной целью было создание автоматизированной системы, обеспечивающей контроль и регулирование параметров микроклимата в режиме реального времени, что особенно важно для медицинских и фармацевтических объектов, где требуется поддержание стабильных условий для хранения и производства продукции.

Архитектура системы, представленная на рисунке 1, состоит из нескольких уровней. Верхний уровень включает пользовательские устройства, такие как ПК, смартфоны и автоматизированное рабочее место диспетчера (АРМ), которые используются для доступа к системе и управления ею. Эти устройства позволяют операторам осуществлять мониторинг данных в реальном времени и управлять оборудованием.

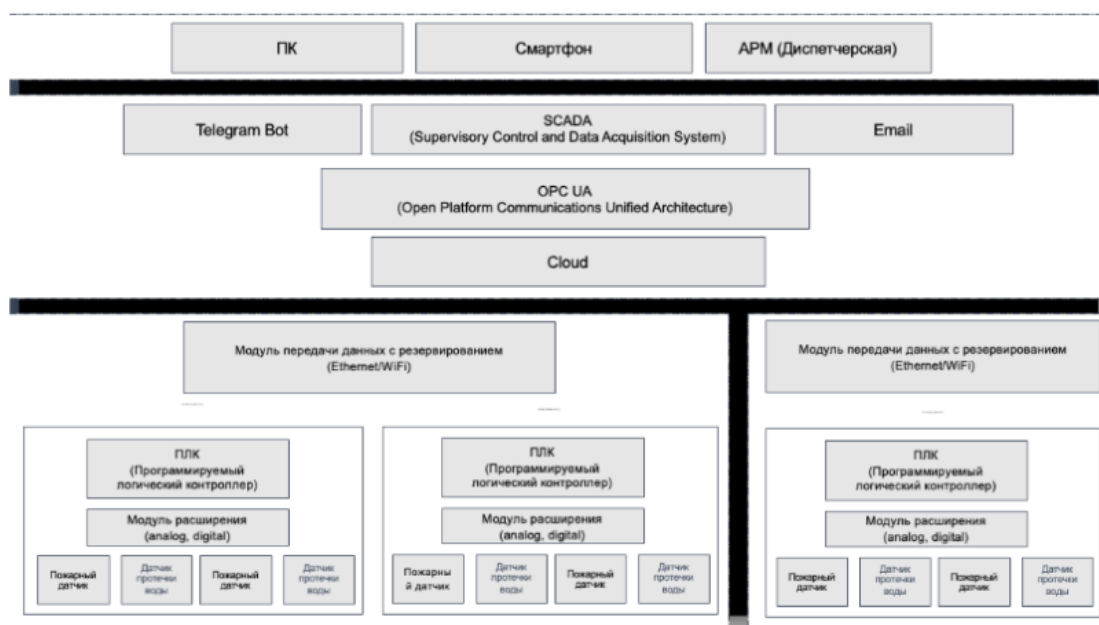


Рисунок 1 – Архитектура системы

Также в архитектуре предусмотрены системы уведомлений через Telegram Bot и Email, что обеспечивает возможность оперативного оповещения о любых изменениях в системе. Средний уровень архитектуры включает ключевые компоненты системы мониторинга: SCADA (система диспетчерского контроля и сбора данных) для контроля и управления процессами, OPC UA (унифицированная архитектура коммуникаций), обеспечивающая стандартизированную передачу данных между устройствами, и облачная платформа для хранения и анализа данных. Эти компоненты позволяют интегрировать и обрабатывать данные с различных устройств, а также управлять системой удалённо. Нижний уровень представлен аппаратными компонентами системы, такими как ПЛК (программируемые логические контроллеры), расширительные модули (аналоговые и цифровые), а также датчики (пожарные датчики и датчики протечки воды). Для повышения надежности и стабильности работы система использует модули передачи данных с резервированием, поддерживающие как Ethernet, так и Wi-Fi соединения. Эти модули обеспечивают постоянную связь между контроллерами и системой мониторинга, что позволяет эффективно управлять оборудованием и быстро реагировать на любые изменения параметров.

Выбор компонентов системы

Система управления и мониторинга чистым помещением состоит из следующих блоков:

- система визуализации данных и дистанционного управления;
- блок управления (щит управления вентиляцией, щит ручного и автоматического управления, щит управления и мониторинга устройствами, серверный блок);
- система HMI (Human Machine Interface).

Модуль системы визуализации данных и дистанционного управления, показанный на рисунке 2, был реализован для того, чтобы оператор смог в режиме реального времени отслеживать ключевые параметры работы чистого помещения, такие как температура, влажность, давление, уровень частиц и состояние вентиляционных систем. Для удобства управления и принятия решений предусмотрена возможность удаленного контроля через мобильные приложения. Данные отображаются в виде интерактивных графиков и таблиц, что упрощает мониторинг и диагностику потенциальных отклонений от нормы. Щит управления вентиляцией контролирует параметры воздухообмена и фильтрации, обеспечивая поддержание заданных условий в чистом помещении. Щит управления и мониторинга устройствами позволяет контролировать состояние и работу подключенных устройств, таких как очистители воздуха, фильтры, системы подачи газов и другие вспомогательные элементы. Серверный блок играет ключевую роль в обработке и хранении данных, а также обеспечивает связь между различными системными компонентами. HMI предоставляет интуитивно понятный интерфейс для взаимодействия оператора с системой управления. Она интегрирована с блоком визуализации данных и позволяет не только мониторить текущие параметры, но и управлять различными аспектами системы, включая настройку режимов работы вентиляции, контроль состояния фильтров, а также управление аварийными и предаварийными состояниями. HMI поддерживает сценарии автоматической реакции на критические события, что минимизирует время реакции на отклонения и повышает общую надежность системы.

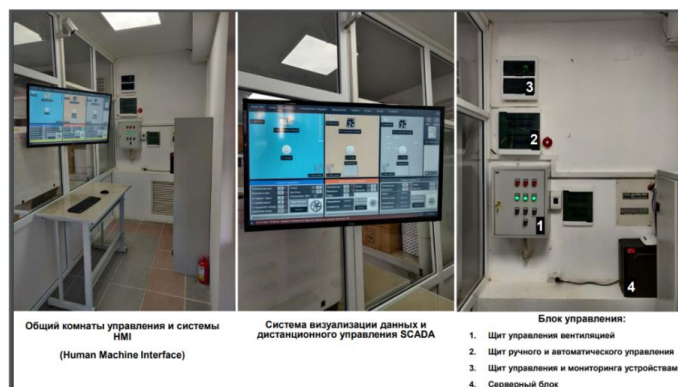


Рисунок 2 – Блоки интеллектуальной системы управления мониторинга и управления климатом

Для системы управления были выбраны сенсоры температуры, влажности и загрязняющих веществ (PM10, CO2 и другие), пожарные датчики, датчики протечки, бактерицидные лампы, которые обеспечивают точные измерения параметров окружающей среды. Контроль осуществлялся с использованием микроконтроллеров Siemens SIMATIC и Raspberry Pi, обеспечивающих сбор данных и управление исполнительными механизмами, такими как кондиционеры и системы вентиляции. Компоненты системы управления климатом отображены на рисунке 3.

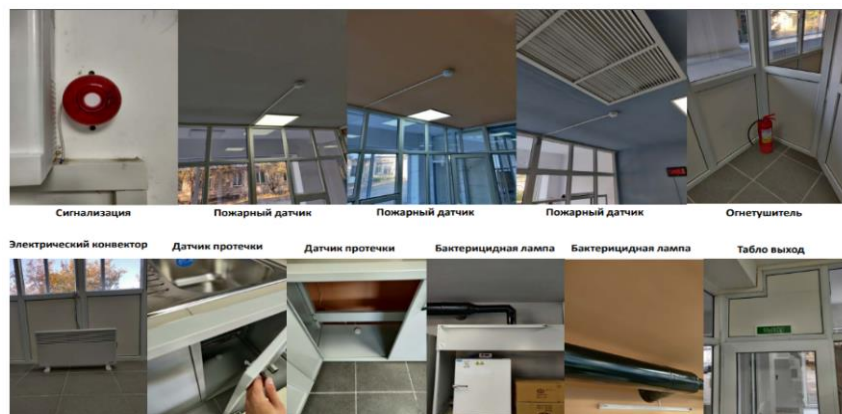


Рисунок 3 – Компоненты системы управления микроклиматом

Испытательный стенд интеллектуальной системы управления температурой и кондиционированием воздуха включает в себя:

1. Шкаф управления и контроля с свободно программируемым контроллером и модулями ввода/вывода.
2. Датчики и исполнительные механизмы, расположенные на стенде.
3. Беспроводная система сбора данных VEGA Absolute, основанная на технологии LoRaWAN.
4. Система видеонаблюдения.
5. Автоматизированное рабочее место (далее АРМ) с установленным программным обеспечением SCADA Genesis64.

Система была интегрирована с платформой SCADA Genesis64, которая позволяет контролировать состояние системы в режиме реального времени, собирать данные с сенсоров и осуществлять предиктивную аналитику для оптимизации работы оборудования. Для беспроводной передачи данных использовалась технология LoRaWAN, которая обеспечивала надежную связь между сенсорами и центральным сервером, которая показана на рисунке 4. Для интеграции в систему мониторинга и связи между устройствами был выбран протокол ModBus TCP, работающий в сети Ethernet, где каждый IP-адрес устройства служит его уникальным идентификатором. Обычно устройства находятся в одной подсети, а их IP-адреса отличаются лишь последними цифрами (например, 192.168.1.20), что характерно для использования маски подсети 255.255.255.0. Взаимодействие устройств осуществляется через Ethernet-интерфейс с использованием протокола TCP/IP, а для связи применяется TCP-порт 502.

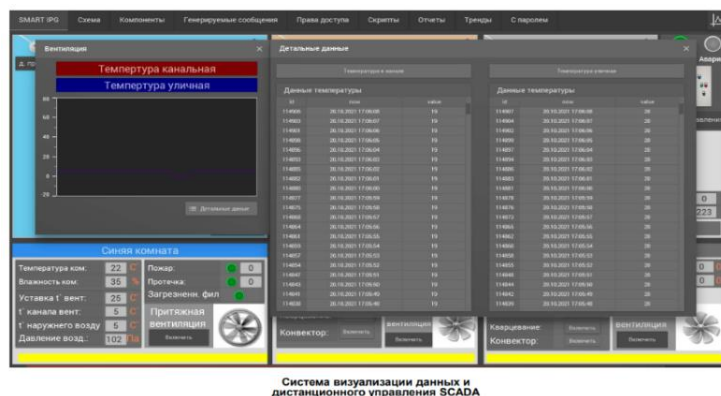


Рисунок 4 – Система для дистанционного управления при помощи SCADA

Для удаленного мониторинга и управления было разработано мобильное приложение, показанное на рисунке 5. В приложении отображаются сведения о температуре, включение и выключение света, отопления и трех вентиляционных систем в чистой комнате.

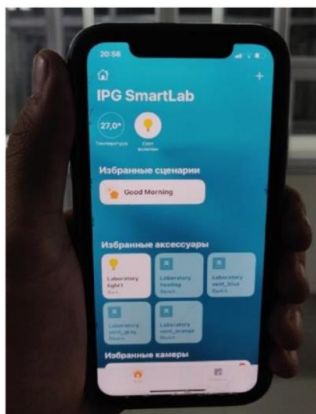


Рисунок 5 – Мобильное приложение для удаленного управления

Современные технологии автоматизации и Интернета вещей (IoT) радикально изменяют подходы к управлению микроклиматом в чистых помещениях, где стабильность параметров воздуха и температурного режима имеет критическое значение [4]. Применение SCADA и IoT открывает новые возможности для точного и непрерывного контроля этих параметров. Малейшие колебания температуры и влажности могут повлиять на качество продукции или безопасность сотрудников, интеллектуальные системы управления обеспечивают необходимый уровень автоматизации. Интернет вещей позволяет системе в режиме реального времени собирать данные с большого количества сенсоров, таких как датчики температуры, влажности, уровня загрязнений, и оперативно корректировать работу оборудования. Это снижает зависимость от ручного управления и повышает точность поддержания заданных параметров [5].

Основным преимуществом разработанной системы управления и мониторинга на базе IoT и SCADA является возможность автоматического управления микроклиматом на основе реальных данных. Системы могут адаптировать свои действия в зависимости от изменения условий, например, снижая мощность вентиляционных систем в периоды, когда не требуется активная циркуляция воздуха, что позволяет экономить энергию. Автоматизация позволяет сократить энергозатраты на 15-20%, что значительно снижает общие эксплуатационные расходы [6].

Системы управления микроклиматом могут быть интегрированы с облачными платформами для хранения и анализа данных, что позволяет проводить долгосрочный мониторинг и анализ изменений параметров микроклимата. Такие системы также могут быть использованы для оптимизации управления энергопотреблением в других областях, включая производственные и исследовательские помещения, где важно поддерживать стабильные условия.

Результаты исследования

В ходе исследования были достигнуты следующие результаты:

1. Система продемонстрировала высокую точность измерений: точность сенсоров составила около 99%. Это позволяет использовать систему в критически важных областях, таких как медицина и фармацевтика, где стабильные параметры окружающей среды являются ключевыми.

2. Благодаря автоматизации процессов управления системой вентиляции и кондиционирования воздуха удалось снизить энергопотребление на 20%. Система регулирует работу оборудования в зависимости от текущих параметров микроклимата, что предотвращает перерасход ресурсов.

3. Интеллектуальная система управления обеспечивала поддержание стабильной температуры и влажности в пределах заданных значений. Отклонения от нормы не превышали 2%, что подтверждает высокую эффективность управления.

4. Внедрение системы позволило значительно сократить необходимость ручного управления и контроля. Система автоматически регулирует параметры микроклимата и информирует оператора через систему уведомлений (Telegram, Яндекс Алиса) о любых изменениях или неисправностях, что минимизирует человеческий фактор.

5. Система успешно интегрирована с облачными платформами, что позволяет хранить и анализировать данные за продолжительный период времени. Это открывает возможности для масштабирования системы и её использования на других объектах, включая производственные предприятия и лаборатории.

Результаты исследования показали, что разработанная система может существенно повысить эффективность управления микроклиматом в чистых помещениях, снизить затраты на энергоресурсы и обеспечить стабильные условия для работы оборудования и персонала.

Список литературы

1. Wang K. Internet of Things (IoT)-Based Smart City with Urban Computing / K. Wang, L. Wang, Y. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2021. – № 17(4). – P. 2245-2255.
2. Madakam S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. / S. Madakam, R. Ramaswamy, S. Tripathi // Journal of Computational Chemistry. – 2015. – № 3. – P. 164-173.
3. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions / J. Gubbi et al // Future Generation Computer Systems/ – 2013. – № 29(7). – P. 1645-1660.
4. Numerical simulation of energy systems to control environment microclimate / A. Genco et al // Int J Heat & Tech. – 2016. – Vol. 34, № Special Issue 2. – P. S545-S552. <https://doi.org/10.18280/ijht.34Sp0249>.
5. University of Wisconsin, Madison. Energy Simulation Software, from <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/index.html>.
6. Nik V.M. Assessing the efficiency and robustness of the retrofitted building envelope against climate change / V.M. Nik, E. Mata, A.S. Kalagasidis // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 78. – P. 955-960. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.031>.
7. Dynamic modeling and simulation of buildings energy performance based on different climatic conditions / A. Genco et al // Int J Heat & Tech. – 2015. – Vol. 33, № 4. – P. 107-116. <https://doi.org/10.18280/ijht.330414>.
8. A genetic optimization of a hybrid organic Rankine plant for solar and low-grade, energy sources / D. Scardigno et al // Energy. – 2015. – Vol. 91. – P. 807-815. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.066>.
9. Fadaee M. Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: A review / M. Fadaee, M.A.M. Radzi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16, № 5. – P. 3364-3369. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.071>.
10. HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage / E.H. Mathews et al // Energy and Buildings. – 2001. – Vol. 33, № 8. – P. 853-863. [https://doi.org/10.1016/S03787788\(01\)00075-5](https://doi.org/10.1016/S03787788(01)00075-5).
11. Congradac V. HVAC system optimization with CO2 concentration control using genetic algorithms / V. Congradac, F. Kulic // Energy and Buildings. – 2009. – Vol. 41, № 5. – P. 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.12.004>.
12. Fong K.F. HVAC system optimization for energy management by evolutionary programming / K.F. Fong, V.I. Hanby, T.T. Chow // Energy and Buildings. – 2006. – Vol. 38, № 3. – P. 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.12.004>.
13. Fong K.F. System optimization for HVAC energy management using the robust evolutionary algorithm / K.F. Fong, V.I. Hanby, T.T. Chow // Applied Thermal Engineering. – 2009. – Vol. 29, № 11-12. – P. 2327-2334. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.11.019>.
14. Xu L.D. Internet of Things in Industries: A Survey / L.D. Xu, W. He, S. Li // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2014. – № 10(4). – P. 2233-2243.
15. Atzori L. The Internet of Things: A Survey / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // Computer Networks. – 2010. – № 54(15). P. – 2787-2805.
16. Internet of Things: Vision, Applications, and Research Challenges / D. Miorandi et al // Ad Hoc Networks. – 2012. – № 10(7). – P. 1497-1516.
17. Wang K. Internet of Things (IoT)-Based Smart City with Urban Computing / K. Wang, L. Wang, Y. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2021. – № 17(4). – P. 2245-2255.

18. Madakam S. Internet of Things (IoT): A Literature Review / S. Madakam, R. Ramaswamy, S. Tripathi // Journal of Computational Chemistry. – 2015. – № 3. – P. 164-173.
19. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions / J. Gubbi et al // Future Generation Computer Systems. – 2013. – № 29(7). – P. 1645-1660.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось за счет гранта Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан BR24993051 «Разработка интеллектуальной городской системы на основе IoT и анализа данных» (2024-2026).

Б.Т. Иманбек^{1,2}, Ж.Е. Байғараева^{1,2}, А.К. Болтабоева^{1,2}, Ж.Б.Кальпеева¹, А.Б. Копенов²

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Қ. Сәтбаев к-сі, 22

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

ИОТ ЖӘНЕ SCADA НЕГІЗІНДЕ ТАЗА БӨЛМЕЛЕРДЕГІ КЛИМАТТЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ

Мақалада медициналық және өнеркәсіптік нысандар үшін автоматтандырылған мониторинг жүйесін құру жобасы аясында орындалған Заттар интернеті (IoT) технологиялары негізінде таза үй-жайлардың параметрлерін басқарудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу және енгізу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Таза бөлмелердегі микроклиматты басқарудың технологиялық процесінің заңдылықтары, оның ішінде температураны, ылғалдылықты және ауа сапасын бақылау, бұл жүйенің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді. IoT сенсорлары мен SCADA платформасы қолдайтын жүйенің ұтымды жұмыс режимдері қоршаған ортаның тұрақты параметрлерін қамтамасыз етеді, бұл медициналық жабдықтың тиімділігін арттырады және қуат тұтынуды азайтады. Бақылау дәлдігін арттыру және таза бөлмелердегі оңтайлы жағдайларды сақтау кезінде энергия шығынын азайтуға, сондай-ақ деректерді қашықтан басқару және талдау үшін бұлттық платформалармен интеграциялауға мүмкіндік беретін басқару жүйесінің конструктивті ерекшелігі ұсынылған.

Түйін сөздер: заттар интернеті (IoT), SCADA, таза бөлмелер, микроклиматты басқару, автоматтандыру, ауа мониторингі, температура, ылғалдылық.

B.T. Imanbek^{1,2}, Zh.E. Baigarayeva^{1,2}, A.K. Boltaboyeva^{1,2}, Zh.B. Kalpeyeva¹, A.B. Kopenov²

¹Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, K. Satpayev str., 22

²Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave. 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

AN INTELLIGENT CLIMATE MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM FOR CLEAN ROOMS BASED ON IOT AND SCADA

The article presents the results of research on the development and implementation of an intelligent control system for cleanroom parameters based on Internet of Things (IoT) technologies, carried out as part of a project to create an automated monitoring system for medical and industrial facilities. The regularities of the technological process of microclimate management in clean rooms, including temperature, humidity and air quality control, have been established, which ensures high accuracy and reliability of the system. The rational operating modes of the system, supported by IoT sensors and the SCADA platform, ensure stable environmental parameters, which increases the efficiency of medical equipment and reduces energy consumption. A design feature of the control system is proposed, which allows reducing energy consumption while increasing the accuracy of monitoring and maintaining optimal conditions in clean rooms, as well as integration with cloud platforms for remote monitoring and data analysis.

Key words: internet of things, SCADA, clean rooms, climate control, automation, air monitoring, temperature, humidity.

Information about the authors

Baglan Talgatkyzy Imanbek – PhD, Acting Associate Professor, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Zhanel Yermashkyzy Baigarayeva* – master of technical sciences, Al Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Assiya Kublandikyzi Boltaboyeva – master of technical sciences, Al Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Zhuldyz Beishenaliyevna Kalpeeva – Ph.D., Associate Professor, Director of the Institute of Automation and Information Technology, KazNITU named after K.Satpayev, Almaty; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Abay Baibolatovich Kopenov – 3rd year bachelor of the Department of «Artificial Intelligence and Big Data», Al-Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Авторлар туралы ақпарат

Бағлан Талғатқызы Иманбек – техника ғылымдарының кандидаты, м.а доцент, аға оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Жанель Ермашқызы Байғараева* – 3 курс магистранты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Асия Кубландикызы Болтабоева – магистр, 1 курс аспирант, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Жулдыз Бейшеналиевна Кальпеева – т.ғ.к., доцент, Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институтының директоры, Қ.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Абай Байболатұлы Көпенов – «Жасанды интеллект және үлкен деректер» кафедрасының 3 курс бакалавры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Информация об авторах

Бағлан Талғатқызы Иманбек – кандидат технических наук, и.о. доцента, старший преподаватель, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Жанель Ермашқызы Байғараева* – магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Асия Кубландикызы Болтабоева – магистр, аспирант 1 курса, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Жулдыз Бейшеналиевна Кальпеева – кандидат технических наук, доцент, директор Института автоматизации и информационных технологий, КазНITU им. К.Сатпаева, Алматы; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Абай Байболатович Көпенов – бакалавр 3-го курса кафедры «Искусственный интеллект и Big Data, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Received 29.11.2024

Revised 06.11.2024

Accepted 09.11.2024



А.Ә. Жанболат*, У.О. Тунгышбаева, Ш.С. Аманова, А.А. Нуриахмет, С.Е. Аман

Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г.Алматы, Толе би 100

*e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЩЕВЫХ УПАКОВКАХ В ВОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ МЕТОДОМ АТОМНО АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Аннотация: Качество и безопасность пищевых продуктов является одним из наиважнейших аспектов пищевой промышленности. Одним из ключевых факторов для обеспечения безопасности пищевых продуктов предоставляет упаковка. Увеличение количества упаковочных материалов для пищевых продуктов создает спрос на продвижение продуктов и брендов, безопасных для употребления. Порча пищевых продуктов из-за низкокачественного вида упаковки приносит огромный убыток не только предприятиям, но также и потребителям. Несмотря на эффективность существующих практик, перед розничной торговлей все еще стоит множество проблем, включая используемые материалы и их возможное взаимодействие с продуктами питания. К тому же все еще актуальна проблема переноса вредных материалов из упаковочных материалов в продукты питания. В данном исследовании представляются результаты определения миграции тяжелых металлов, используемых в различных видах упаковок пищевых продуктов в Республике Казахстан. Определение миграции тяжелых металлов было проведено в водной вытяжке методом атомно абсорбционной спектроскопии. Практическая ценность приведенных исследований заключается в изучении содержания свинца, цинка и хрома в составе различных видов бумажных пищевых упаковок. В результате исследования были выявлены, что среднее количество миграции хрома в пищевых упаковках соответствовало требованиям, установленным в ТР/ТС 005 2011 «О безопасности упаковки», значения миграции свинца и цинка были близкими к пределам, установленным в Техническом Регламенте, что следует рассматривать как потенциальный риск для здоровья человека в случае, если они могут быть повторно использованы без какой-либо предварительной обработки в качестве источника вторичного целлюлозного волокна.

Ключевые слова: упаковка, безопасность, срок годности, тяжелые металлы, миграция.

Введение

Безопасные продукты питания являются основным фактором, определяющим здоровье человека. Это одно из основных прав человека – иметь доступ к безопасной, питательной и здоровой пище. Для гарантирования этого права, государственная политика обеспечивает, чтобы имеющиеся продукты питания соответствуют стандартам безопасности. Эта задача нелегка, так как разработки в плане производства, управления, доставки и потребления продуктов питания стремительно улучшались различными способами в течение последних двух десятилетий [3]. Данные факторы требуют нового глобального подхода к повышению безопасности пищевых продуктов, который направлен на укрепление национальных систем безопасности пищевых продуктов при улучшении национального и международного сотрудничества [4].

Для обеспечения показателей качества и безопасности пищевых продуктов упаковка играет важную роль. Упаковка обычно выполняет такие основные функции, как защита,

содержание и информирование. Кроме этих функции, для упаковок для пищевых продуктов важно, чтобы она гарантировала транспортировку пищевых продуктов. Существуют упаковки, предназначенные не только для транспортировки продукта, но и для использования в виде тарелки, что способствует сохранению важных качеств продукта, как свежесть, тепло, вкус и запах. К данным упаковочным материалам относятся упаковки для непосредственного контакта с пищевыми веществами, для которых очень важно, чтобы загрязняющие и токсичные компоненты не мигрировали в продукт во время контактирования [13]. В качестве традиционных упаковочных материалов для считаются бумага, картон и гофрокартон, обрабатываемые различными операциями, которые, в зависимости от области их применения, обладают разными свойствами.

Структура бумаги формируется из целлюлозы, которая во время производства проходит через такие процессы, как отбеливание и добавление красителей, пигментов, химических веществ, укрепляющие бумагу [14]. Для улучшения прочности и других свойств бумаги производят бумагу на основе вторичного сырья с использованием химических добавок [10]. Кроме этого, во время данных процессов допускается включение химических компонентов печатных красок, что увеличивает количество загрязняющих и токсичных компонентов в пищевых бумажных и картонных упаковках [15].

Упаковка пищевых продуктов обеспечивает также удобство обращения и транспортировки, предотвращая химическое загрязнение и увеличивая срок хранения, что обеспечивает удобство для потребителей [12]. Увеличение количества упаковочных материалов для пищевых продуктов создает спрос на продвижение продуктов и брендов, которые являются экологически чистыми [5]. Несмотря на эффективность существующих практик, перед розничной торговлей все еще стоит множество проблем, включая используемые материалы и их возможное взаимодействие с продуктами питания. Также все еще актуальна проблема переноса вредных материалов из упаковочных материалов в продукты питания, особенно при повторном использовании пищевого пластика [11].

В настоящем времени на территории стран Таможенного Союза действует Технический Регламент 005/2011 «О безопасности упаковки», в котором указаны санитарно-гигиенические показатели безопасности и нормативы веществ, выделяющихся из упаковки (укупорочных средств), контактирующих с пищевой продукцией. Допустимое количество миграции (ДКМ) тяжелых металлов, согласно данному Регламенту, указан на таблице 1 [1].

Таблица 1 – Допустимое количество миграции (ДКМ) тяжелых металлов, согласно ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»

Наименование материала изделия	Контролируемые показатели	ДКМ, мг/л	Класс опасности
Бумага	Свинец (Pb)	0,030	2
	Цинк (Zn)	1,000	3
	Хром (Cr 3+)	Суммарно 0,100	3
	Хром (Cr 6+)		3
Картон	Свинец (Pb)	0,030	2
	Цинк (Zn)	1,000	3
	Хром (Cr 3+)	Суммарно 0,100	3
	Хром (Cr 6+)		3
Бумага парафинированная	Свинец (Pb)	0,030	2
	Цинк (Zn)	1,000	3
	Хром (Cr 3+)	Суммарно 0,100	3
	Хром (Cr 6+)		3

Материалы и методы исследования

Исследования проводились путем измерения резонансного поглощения света свободными атомами определяемого металла при прохождении света через атомный пар исследуемого образца, образующийся в электротермической атомизацией.

Экспериментальные исследования проведены с использованием атомно-абсорбционного спектрометра КВАНТ-Z.ЭТА

Образцы упаковочной бумаги для пищевых продуктов были приобретены у местных дилеров, разрезаны на образцы и хранились при температуре 24°C (влажность: 50-55%). В качестве образцов были отобраны: бумажный пакет для хлебобулочных изделий, парафинированная картонная коробка для кондитерских изделий и картонный уголок для пиццы (табл. 2).

Таблица 2 – Образцы упаковочной бумаги для пищевых продуктов

№ образца	Образец
1	Пакет бумажный, коричневая бумага
2	Пакет бумажный, белая бумага
3	Пакет бумажный, крафт бумага
4	Пакет бумажный, крафт бумага
5	Коробка для кондит. изд., картон с ламинацией
6	Коробка для кондит. изд., картон с ламинацией
7	Коробка для кондит. изд., картон с ламинацией
8	Коробка для кондит. изд., картон с ламинацией
9	Уголок для пиццы, белый картон
10	Коробка для пиццы, белый картон
11	Коробка для пиццы, коричневый картон
12	Уголок для пиццы, коричневый картон

Приготовление водной вытяжки из пробы с применением азотной кислоты. Пробы упаковки массой 30 г, взвешенные с погрешностью не более 0,001 г, помещают в конические колбы. К пробам приливают дозатором или цилиндром по 99 см³ дистиллированной воды. Пробу с водой перемешивают в течение 3 мин на взбалтывателе S-3.02. После приливалось дозатором 1 см³ азотной кислоты (65%) и оставляют на 24 часа.

Экспериментальные исследования проводились в условиях повторяемости, при температуре 22°C; влажности воздуха 69% и атмосферном давлении 93,0 кПа, было получено не менее 20 серий измерений, состоящих из 2-х определений.

Результаты и обсуждение

Свинец. Использование природных пигментов является основным источником свинца в бумаге и картоне [7]. Содержание свинца должно быть не более 0,050 мг/л и может быть обнаружено в бумаге и картоне, особенно в тех, которые предназначены для использования в печатной промышленности. Содержание свинца в бумаге и картоне, предназначенном для упаковки, планируется снизить до уровня 0,020 мг/л [8]. В результате исследования наибольшее содержание свинца в пищевых упаковках было обнаружено в образце № 2 в размере 0,02435 мг/л; в образце № 3 в размере 0,025208 мг/л; в образце № 4 в размере 0,024996 мг/л. Наименьшее количество свинца было обнаружено в образце № 9 в среднем количестве 0,01296 мг/л (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты по исследованию количества миграции свинца

№ образца	№ пробы				
	1	2	3	4	5
1	0,02422	0,02559	0,02260	0,02266	0,02219
2	0,02273	0,02247	0,02184	0,02733	0,02738
3	0,02482	0,02482	0,02675	0,02320	0,02645
4	0,02509	0,02620	0,02355	0,02347	0,02667
5	0,01492	0,01582	0,01507	0,01421	0,01358
6	0,01291	0,01701	0,01766	0,01406	0,01865
7	0,01783	0,01399	0,01621	0,01372	0,01586
8	0,01455	0,01305	0,01460	0,01368	0,01332
9	0,01361	0,01127	0,01208	0,01453	0,01331
10	0,01291	0,01332	0,01197	0,01319	0,013656
11	0,01423	0,01476	0,01392	0,01351	0,01521
12	0,01432	0,01364	0,01413	0,01389	0,014263

Цинк. В бумагу иногда добавляют оксид цинка или соединения сульфата цинка, которые используются для повышения непрозрачности и для производства копирующей и

упаковочной бумаги [9]. Среднее содержание цинка в пищевых упаковках соответствовал допустимому уровню миграции, указанном в техническом регламенте. Наибольшее содержание было обнаружено в образце № 2 в размере 0,9022 мг/л; в образце № 3 в размере 0,887 мг/л; в образце № 4 в размере 0,8714 мг/л. Наименьшее количество цинка было обнаружено в образце № 8 в среднем количестве 0,54868 мг/л (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты по исследованию количества миграции цинка

№ образца	№ пробы				
	1	2	3	4	5
1	0,8650	0,9002	0,9322	0,8010	0,8218
2	0,9102	0,8694	0,9106	0,9098	0,9110
3	0,9230	0,8706	0,8594	0,8530	0,9290
4	0,8190	0,8918	0,9190	0,8954	0,8318
5	0,5524	0,5930	0,5854	0,5754	0,5904
6	0,5458	0,5622	0,5738	0,5730	0,5782
7	0,5320	0,5704	0,5670	0,5620	0,5712
8	0,5734	0,4858	0,5692	0,5600	0,5550
9	0,5634	0,6192	0,5546	0,5518	0,5808
10	0,6274	0,6244	0,5876	0,6852	0,5784
11	0,6482	0,7022	0,5120	0,5608	0,6942
12	0,6526	0,6408	0,5782	0,6012	0,5376

Хром. Из-за переработки шестивалентный хром не может присутствовать в бумаге или картоне, т.к. он немедленно преобразуется в трехвалентный хром. Содержание хрома должно составлять максимум 0,1 мг/л [2]. Источником в основном являются природные белые пигменты (каолин, глина, карбонат кальция и т.д.), которые используются как наполнители при изготовлении бумаги и (или) как поверхностное покрытие бумаги для придания ей лучшего качества печати [6]. Среднее содержание хрома в образцах №1-4 и №9-12 были в допустимых пределах значения, наибольшее содержание было обнаружено в образце №2 в размере 0,06472 мг/л, наименьшее количество было обнаружено в образце №11 в размере 0,0482 мг/л. Содержание хрома в образцах №5-8 не было обнаружено (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты по исследованию количества миграции хрома

№ образца	№ пробы				
	1	2	3	4	5
1	0,0618	0,0577	0,0634	0,0632	0,0651
2	0,0628	0,0689	0,0662	0,0621	0,0636
3	0,0685	0,0637	0,0564	0,0580	0,0643
4	0,0586	0,0632	0,0658	0,0609	0,0625
5	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
6	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
7	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
8	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
9	0,0520	0,0556	0,0555	0,0516	0,0478
10	0,0477	0,0474	0,0559	0,0393	0,0520
11	0,0483	0,0460	0,0476	0,0538	0,0453
12	0,0458	0,0519	0,0414	0,0501	0,0461

Заключение

Исследование показало, что во всех видах бумаги присутствует значительное количество тяжелых металлов, уровень которых соответствовал требованиям, установленным Техническим Регламентом для бумаги, предназначенной для упаковки пищевых продуктов. В исследовании количества свинца и цинка были обнаружены значения, близкие к пределам, установленным ТР ТС 005/2011. Таким образом, эти конкретные образцы следует рассматривать как потенциальный риск для здоровья человека в случае, если они могут быть повторно использованы без какой-либо предварительной обработки в качестве

источника вторичного целлюлозного волокна для производства упаковки, которая будет использоваться в непосредственном контакте с пищевыми продуктами.

Список литературы

1. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки»: РК, Решение Комиссии таможенного союза от 16 августа 2011 года № 769.2011. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/H11T0000769>.
2. СТ РК 1788-1-2008. Упаковка. Требования к измерению и установлению четырех тяжелых металлов и других опасных субстанций в упаковке и их поступлениям в окружающую среду. Часть 1. Требования к измерению и установлению четырех тяжелых металлов в упаковке. – Введ. 2008-10-16. – Астана.: Гос. стандарт РК: Каз. Ин-т стандартизации и сертиф., 2008. – 31 с.
3. Leks-Stepien J. Paper packaging materials and food safety / J. Leks-Stepien // Int. Circ. Educ. Inst. Graph Arts Technol. Manag. – 2011. – № 4. – P. 49-51.
4. Duran A. Evaluations of metal concentrations in food packaging materials: Relation to human health / A. Duran, M. Tuzen, M. Soylak, // Atomic Spectroscopy. – 2013. – № 3. – P. 99-103.
5. Hutton T. Food packaging: An introduction, Key topics in food science and technology / T. Hutton // Campden and Chorleywood Food Research Association Group. – 2003. – № 7. – P. 108.
6. Dr Alistair Industry Guideline for the Compliance Paper and Board Materials and Articles for Food Contact / Dr Alistair, Pira International // The European paper and board food packaging chain. – 2012. – Issue № 2.
7. European Commission (EC) Regulation 94/62 on ackaging and packaging / European Union, Brussels, Belgium. – 2012. <https://leap.unep.org/en/countries/eu/national-legislation/european-parliament-and-council-directive-9462ec-packaging-and>.
8. Commission Regulation (EU) No 94/62 «Packaging and Packaging Waste», European Parliament and Council. – 2015. – P. 22-23.
9. Mertoğlu Elmas G. The effect of colorants on the content of heavy metals in recycled corrugated board papers / G. Mertoğlu Elmas // BioResources. – 2017. – № 2. – P. 2690-2698. <https://doi.org/10.15376/biores.12.2.2690-2698>.
10. Tiggelman I. Migration of Organic Contaminants through Paper and Plastic Packaging / I. Tiggelman // Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa. – 2012. – P. 57-58.
11. Ahmadkhaniha R. Identification of Suspected Hazardous Chemical Contaminants in Recycled Pastry Packaging / R. Ahmadkhaniha, N. Rastkari // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2017. – № 16. – P. 33-41.
12. Food Contact Materials - Metals and Alloys / D.L. Cederberg et al // Nordic Guidance for Authorities, Industry and Trade, Nordic Council of Ministers. – 2015. <https://doi.org/10.6027/TN2015-522>.
13. Xue M. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Cr and Hg) in Printed Paper as Food Packaging Materials and Analysis of Their Sources / M. Xue, S. Wang, C. Huang // CIESC Journal. – 2010. – № 12. – P. 32.
14. Conti M.E. Heavy metals in food packagings: The state of the art / M.E. Conti // IFCS: Intergovernmental Forum on Chemical Safety Global Partnerships for Chemical Safety: Contributing to the 2020 goal, University of Rome, Italy. – 2008.
15. Elmas G.M. Toxic metals in paper and paperboard food packagings / G.M. Elmas, G. Çınar, // Bioresources. – 2018. – № 4. – P. 7560-7580.

References

1. О прinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti upakovki»: RK, Reshenie Komissii tamozhennogo soyuza ot 16 avgusta 2011 goda № 769.2011. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/H11T0000769>. (In Russian).
2. СТ РК 1788-1-2008. Upakovka. Trebovaniya k izmereniyu i ustanovleniyu chetyrekh tyazhelykh metallov i drugikh opasnykh substantsii v upakovke i ikh postupleniyam v okruzhayushchuyu sredu. Chast' 1. Trebovaniya k izmereniyu i ustanovleniyu chetyrekh tyazhelykh metallov v upakovke. – Vved. 2008-10-16. – Astana.: Gos. standart RK: Kaz. In-t standartizatsii iertif., 2008. – 31 s. (In Russian).

3. Leks-Stepien J. Paper packaging materials and food safety / J. Leks-Stepien // Int. Circ. Educ. Inst. Graph Arts Technol. Manag. – 2011. – № 4. – R. 49-51. (In English).
4. Duran A. Evaluations of metal concentrations in food packaging materials: Relation to human health / A. Duran, M. Tuzen, M. Soylak, // Atomic Spectroscopy. – 2013. – № 3. – R. 99-103. (In English).
5. Hutton T. Food packaging: An introduction, Key topics in food science and technology / T. Hutton // Campden and Chorleywood Food Research Association Group. – 2003. – № 7. – R. 108.
6. Dr Alistair Industry Guideline for the Compliance Paper and Board Materials and Articles for Food Contact / Dr Alistair, Pira International // The European paper and board food packaging chain. – 2012. – Issue № 2. (In English).
7. European Commission (EC) Regulation 94/62 on ackaging and packaging / European Union, Brussels, Belgium. – 2012. <https://leap.unep.org/en/countries/eu/national-legislation/european-parliament-and-council-directive-9462ec-packaging-and>. (In English).
8. Commission Regulation (EU) No 94/62 «Packaging and Packaging Waste», European Parliament and Council. – 2015. – R. 22-23. (In English).
9. Mertoğlu Elmas G. The effect of colorants on the content of heavy metals in recycled corrugated board papers / G. Mertoğlu Elmas // BioResources. – 2017. – № 2. – R. 2690-2698. <https://doi.org/10.15376/biores.12.2.2690-2698>. (In English).
10. Tiggelman I. Migration of Organic Contaminants through Paper and Plastic Packaging / I. Tiggelman // Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa. – 2012. – R. 57-58. (In English).
11. Ahmadkhaniha R. Identification of Suspected Hazardous Chemical Contaminants in Recycled Pastry Packaging / R. Ahmadkhaniha, N. Rastkari // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2017. – № 16. – R. 33-41. (In English).
12. Food Contact Materials - Metals and Alloys / D.L. Cederberg et al // Nordic Guidance for Authorities, Industry and Trade, Nordic Council of Ministers. – 2015. <https://doi.org/10.6027/TN2015-522>. (In English).
13. Xue M. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Cr and Hg) in Printed Paper as Food Packaging Materials and Analysis of Their Sources / M. Xue, S. Wang, C. Huang // CIESC Journal. – 2010. – № 12. – R. 32. (In English).
14. Conti M.E. Heavy metals in food packagings: The state of the art / M.E. Conti // IFCS: Intergovernmental Forum on Chemical Safety Global Partnerships for Chemical Safety: Contributing to the 2020 goal, University of Rome, Italy. – 2008. (In English).
15. Elmas G.M. Toxic metals in paper and paperboard food packagings / G.M. Elmas, G. Çınar, // Bioresources. – 2018. – № 4. – R. 7560-7580. (In English).

А.Ә. Жанболат*, У.О. Тунгышбаева, Ш.С. Аманова, А.А. Нуриахмет, С.Е. Аман

¹ Алматы технологиялық университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би, 100

*e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com

ТАМАҚ ҚАПТАМАЛАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ СУЛЫ ЕРІТІНДІДЕ АТОМДЫҚ АБСОРБЦИЯЛЫҚ СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ

Азық-түлік сапасы мен қауіпсіздігі тамақ өнеркәсібінің маңызды аспектілерінің бірі болып табылады. Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі қаптамамен қамтамасыз етіледі. Азық-түлік қаптама материалдарының көбеюі тұтынуға қауіпсіз өнімдер мен брендтерге сұраныс тудырады. Сапасы төмен қаптамалардың қолданылуына байланысты азық-түліктің бүлінуі кәсіпорындар мен тұтынушыларға үлкен шығын әкеледі. Бөлшек саудада қолданылатын іс-тәжірибелердің тиімділігіне қарамастан, қолданылатын материалдар және олардың азық-түлікпен өзара әрекеттесуі түріндегі көптеген мәселелер бар. Сонымен қатар, зиянды заттарды қаптама материалдардан азық-түлікке тасымалдануы қазіргі күнде өзекті мәселелердің бірі болып келеді. Бұл зерттеуде Қазақстан Республикасында тамақ өнімдерінде пайдаланылатын түрлі қаптамаларда ауыр металдардың миграция көлемін айқындау нәтижелері ұсынылады. Ауыр металдардың миграциясын анықтау қаптамалардың су сорындысының атомдық абсорбциялық спекторметрия әдісімен жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің практикалық құндылығы тағамдық қағаз қаптамаларының бірнеше түрлерінің құрамындағы қорғасын, мырыш және хромның миграциялау мөлшерін зерттеу болып табылады. Зерттеу нәтижесінде азық-түлік

қаптамаларындағы хром миграциясының орташа мөлшері TR/TC 005 2011 "Қаптама қауіпсіздігі туралы" белгіленген талаптарға сәйкес келетіні анықталды, қорғасын мен мырыш миграциясының мәндері Техникалық Регламентте белгіленген шектерге жақын болды, яғни, қайталама целлюлоза талшығының көзі ретінде алдын ала өңдеусіз қайта пайдалануға болатын жағдайда, адам денсаулығына ықтимал қауіп ретінде қарастырылуы керек.

Түйін сөздер: қаптама, қауіпсіздік, жарамдылық мерзімі, ауыр металдар, миграция.

A.A. Zhanbolat*, U.O. Tungyshbaeva, Sh.S. Amanova, A.A. Nuriakhmet, S.E. Aman

¹ Almaty Technological University,
050012, Kazakhstan, Almaty қ., Төле би, 100
*e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN FOOD PACKAGES IN AQUEOUS EXTRACTS BY ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY

Food quality and safety is one of the most important aspects of the food industry. One of the key factors to ensure food safety is packaging. Increasing number of food packaging materials is creating a demand for promoting products and brands that are safe for consumption. Food spoilage due to poor quality packaging causes huge loss not only to businesses but also to consumers. Despite the effectiveness of existing practices, retailers still face many challenges, including the materials used and their possible interaction with food. In addition, the transfer of harmful materials from packaging materials to food is still an issue. This study presents the results of determining the migration of heavy metals used in different types of food packaging in the Republic of Kazakhstan. Determination of heavy metal migration was carried out in aqueous extract by atomic absorption spectrometry. The practical value of the above research is to study the content of lead, zinc and chromium in the composition of various types of paper food packaging. The study revealed that the average amount of chromium migration in food packaging was in compliance with the requirements set out in TR/TC 005 2011 'On safety of packaging', the values of lead and zinc migration were close to the limits set out in the Technical Regulation, which should be considered as a potential risk to human health if they can be reused without any pre-treatment as a source of recycled cellulose fibre.

Key words: packaging, safety, shelf life, heavy metals, migration.

Сведения об авторах

Алмас Әсетұлы Жанболат* – докторант кафедрасы «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Улбала Облбековна Тунгышбаева – PhD, ассоц. проф. кафедрасы «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Шолпан Сапаровна Аманова – PhD, сениор-лектор кафедрасы «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: amanova_sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Ақниет Кеңесқызы Нуриахмет – магистрант кафедрасы «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан.

Сағыныш Ерболатқызы Аман – докторант кафедрасы «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Авторлар туралы ақпарат

Алмас Әсетұлы Жанболат* – «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Улбала Облбековна Тунгышбаева – PhD, «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының ассоц. проф., Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Шолпан Сапаровна Аманова – PhD, «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының сениор-лекторы; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: amanova_sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Ақниет Кеңесқызы Нуриахмет – «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы.

Сағыныш Ерболатқызы Аман – «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Information about the authors

Almas Asetuly Zhanbolat* – Doctoral student of the Department of «Food Safety and Quality»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Ulbala Oblbekovna Tungyshbaeva – PhD, Associate Professor, Department of «Food Safety and Quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Sholpan Saparovna Amanova – PhD, Senior Lecturer, Department of «Food Safety and Quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: amanova_sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Akniyet Keneskyzy Nuriakhmet – Master's student of the Department of «Food Safety and Quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan.

Sagynysh Yerbolatkyzy Aman – doctoral student of the Department of «Food Safety and Quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Поступила в редакцию 03.10.2024

Поступила после доработки 18.10.2024

Принята к публикации 21.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-19)

FTAXP: 65.33.29



**Б.М. Кулуштаева[†], Г.Т. Жуманова¹, А.С. Камбарова¹, Ф.Х. Смольникова¹,
Ж.С. Набиева²**

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

²Алматы технологиялық университеті,
050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100

*e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru

ГЛЮТЕНСІЗ НАН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНА НАССР ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа: Қазақстанда азық-түлік қауіпсіздігінің мәселесі басты жолға қойылған, соның ішінде, тағам өнімдерінің ассортименттеріне деген сұраныстың артуына байланысты қауіпсіз нан өнімдерін өндіру маңызды болып табылады. Нан өндірісінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету өнімнің сапасын, тұтынушылардың денсаулығын қорғау мен нарықтағы бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін маңызды. НАССР жүйесі қауіптердің алдын алу және басқаруға бағытталған. Бұл өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің проактивті тәсілі.

Мақалада глютенсіз нан өндірісінің технологиясына НАССР жүйесін қолдану арқылы сыни бақылау нүктелері (СБН) анықталды. Өндірісте НАССР жүйесін қолдану арқылы тұтынушыларға өнімнің сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Технологиялық процесте микробиологиялық, химиялық, физикалық қауіптер мен сыни бақылау нүктелері анықталды. Глютенсіз нан өндірудегі технологиялық процесте үш СБН анықталып «Шешімді қабылдау терегі» мен анықталған қауіпті факторлерге іс-шара қарастырылды. НАССР жүйесінің нан өндірісінде қолданылуы өндіріс тиімділігін арттырып, өнім сапасын жақсартуға және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Осылайша, бұл технология кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігін арттыруға маңызды рөл атқарады.

Глютенсіз нан өндіру үшін зерттеу нәтижелері бойынша композиттік ұн пайдаланылады. Композиттік ұнның құрамында амарант және ноқат ұны мен бидай крахмалы бар. Кешенді зерттеу нәтижесі бойынша органолептикалық, физика-химиялық көрсеткіштері, аминқышқыл және дәрумендік құрамы бойынша глютенсіз нанның сапасы жоғары деңгейде екендігі анықталды, бұл оның тағамдық құндылығы мен тұтынушыға әсерін оңтайландырады. Атап айтқанда, өнімнің дәмі, иісі мен сыртқы көрінісі жоғары бағаланды, ал физика-химиялық қасиеттері стандарттарға сәйкес келді. Сонымен қатар,

аминқышқыл және дәрумендер құрамының теңгерімі денсаулыққа пайдалы, және бұл өнімдердің тамақтану мен денсаулыққа қосар үлесін арттырады.

Түйін сөздер: глютенсіз, нан, сыни бақылау нүктелер, бақылау сапасы, қауіпсіздік, композитік ұн, НАССР, блок-сұлба.

Кіріспе

Қазақстан ауыл шаруашылығы саласы экономикада айтарлықтай үлеске ие. Елдің жалпы ішкі өнімінің (ЖІӨ) шамамен 5%-ын ауыл шаруашылығы құрайды, бірақ ауыл шаруашылығы көптеген ауыл тұрғындары үшін негізгі жұмыс көзі болып табылады. Елдегі жұмыс күшінің үлкен бөлігі осы салада еңбек етеді, сондықтан ауыл шаруашылығының дамуы әлеуметтік тұрақтылыққа әсер етеді. Елдің ауыл шаруашылығының негізін астық, соның ішінде бидай құрайды. Қазақстанда астық өндірісі негізінен батыс және орталық өңірлерде шоғырланған. Олардың ішінде Қарағанды, Ақмола, Қостанай, Павлодар және Солтүстік Қазақстан облыстары ерекше маңызды. Қазақстан ұн өндірісі бойынша да үлкен әлеуетке ие. Ұн еліміздің астық өнімдерін қайта өңдеу саласының негізі болып табылады және әлемдегі ең ірі ұн өндіруші және экспорттаушы елдердің бірі болып табылады [1].

НАССР жүйесі нан өндірісінде қолданудың тиімділігі өте жоғары, себебі ол өнімнің қауіпсіздігі мен сапасын қамтамасыз етуге, мүмкін болатын қауіптерді алдын ала анықтап, олардың алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді. Бұл жүйе арқылы нан өндірісінде микробиологиялық қауіптерді басқаруға, өнім сапасын тұрақтандыруға және ресурстарды тиімді пайдалануға қол жеткізуге болады.

НАССР жүйесінде қабылданған қағидаттар мен механизмдер адам өмірі мен денсаулығына төнетін қауіп-қатерді айтарлықтай төмендетеді. Жүйенің артықшылығы, ол дайын өнімді бақылау арқылы қателігін анықтауға емес, қателіктердің алдын алуға негізделген болып табылады. НАССР азық-түлік өндірісіндегі қауіп-қатерлерді алдын-ала болжауға мүмкіндік береді және осылайша тұтынушылар үшін өнім қауіпсіздігіне кепілдік береді.

НАССР жүйесінің талаптарына сәйкес құрылған және сертификатталған кәсіпорынды басқару жүйесі өндірушіге халықаралық стандарттарға сәйкес келетін және бәсекеге қабілетті өнімдер шығаруға мүмкіндік береді.

НАССР жүйесін әр компания өндірістің ерекшелігіне сәйкес әзірлей және технологиялық процестердегі өзгерістерге бейімдей алады. Төменде НАССР жүйесінің қағидалары келтірілген:

- кәсіпорын бақылайтын барлық кезеңдердегі қауіпті өндірістік факторларды анықтау. Қауіпті факторлардың ықтималдығын бағалау, олардың алдын алу және бақылау бойынша жалпы алдын алу шараларын әзірлеу;

- бақылау қауіптің алдын алатын немесе оның пайда болу мүмкіндігін ақылға қонымды мәнге дейін төмендететін нүктелерді, процедураларды, технологиялық кезеңдерді анықтау (бақылау-сыни нүктелері);

- бақылау пункттеріндегі жағдайларды бақылаудан шықпайтындай етіп сақталуға тиісті шектеулер мен лимиттерді белгілеу;

- сынақтарды, талдауларды және өндірістік бақылау мен қадағалаудың басқа түрлерін қолдана отырып, сыни бақылау пункттерінде бақылау және тексеру жүйесін құру;

- бақылау мен тексеру инспекциясы кейбір бақылау – сыни нүктесінде жағдайдың бақылаудан шыққандығын көрсеткен жағдайда түзету әрекеттерін әзірлеу;

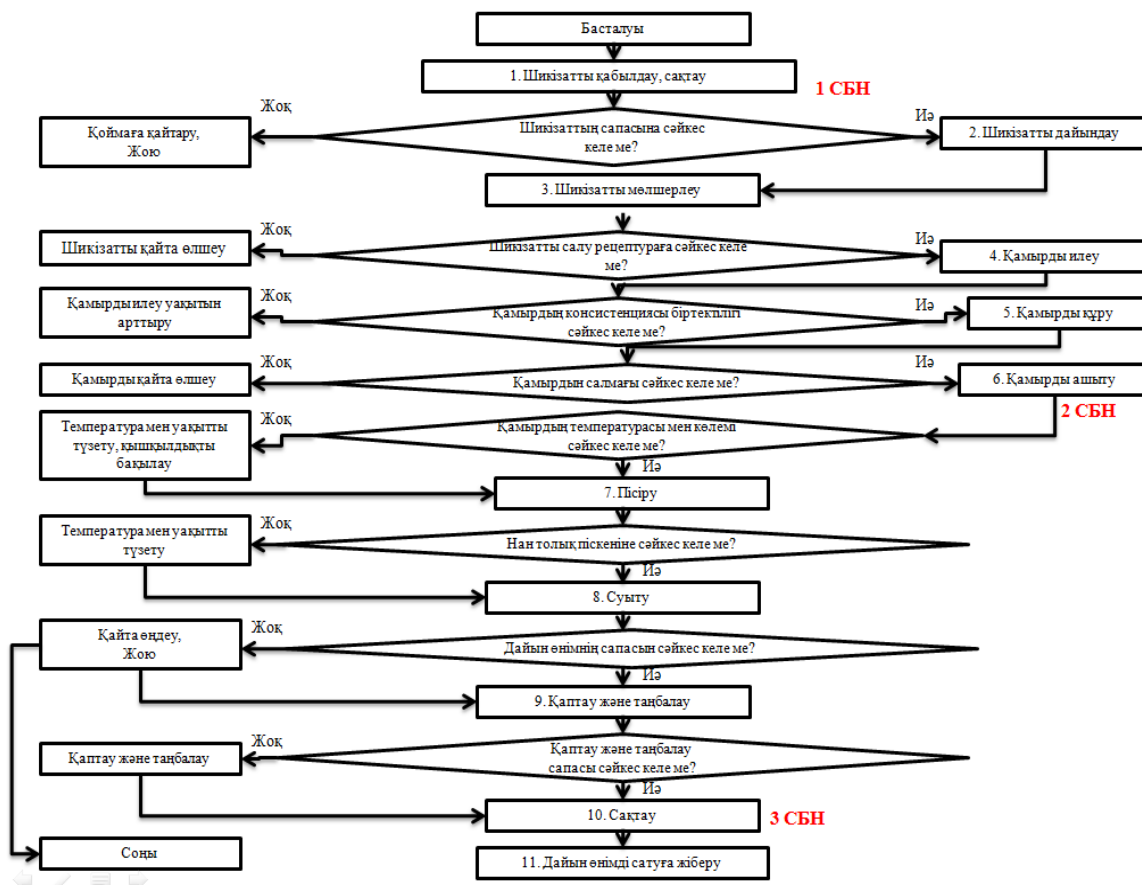
- НАССР жүйесінің тиімді әрекетін растау үшін тексеру процедураларын әзірлеу;

- жоғарыда аталған қағидаттарды орындау және сақтау бойынша барлық процедуралар мен әрекеттерді көрсететін құжаттаманың жиынтығын әзірлеу және жүргізу.

НАССР жүйесі принциптеріне сәйкес бақылаудың шектік нүктесіндегі нормативтік көрсеткіштерді анықтау кезінде (Сан-Пин, стандарттар) нормативтік құжаттардың 29-ші суретте көрсетілген қағидаларын ескерген жөн [2].

Нан пісіру өндірісінің қауіпсіздігі туралы зерттеулер өндіріс тізбегіне тән қауіптердің бар екендігін дәлелдейді. Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігіне әсер ететін факторлар тамақ өнімдерін жасау тізбегінің кез келген кезеңінде пайда болуы мүмкін болғандықтан, тізбектің барлық операторлары қауіпсіздікті басқаруды жүзеге асыруы өте маңызды. Осылайша, тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі тамақ өнімдерін жасау тізбегіне кіретін барлық тараптардың біріккен күш-жігерімен қамтамасыз етіледі.

Сыни бақылау нүктелерін көрсету мақсатында глютенсіз нан өндірісінің технологиялық процесінің блок-сұлбасы 1 суретте берілген.



Сурет 1 – Блок-сұлба «Шешімді қабылдау терегі»

НАССР шешімін қабылдау терегін бір ғана «аспап» сөзімен сипаттауға болады. Аспап процесс қарастырылатын кезеңде сыни бақылау нүктесі қажет пе немесе жоқ па деген сұрақты шешу керек.

Бұл жағдайда, глютенсіз нан өндірісінде маңызды болып табылатын 3 сыни бақылау нүктесі табылды, яғни шикізатты қабылдау, сақтау; қамырды ашыту; дайын өнімді сақтау. Ары қарай, егер қамырды илеу, өнімді қалыптау және пісіру сияқты қалған технологиялық процестерді қарастыратын болсақ, онда бұл процестер биологиялық қауіпті болып табылады. Ол келтірілген кезеңдердің барлығында кездеседі: өндірісте қарапайым санитарлық-гигиеналық талаптардың сақталмауы кезінде өнімнің ауру тудыратын микроағзалармен ластану қаупі және жеке бас тазалығын сақтау ережесі.

Қамырды илеу және қалыптау кезеңдерінде өнімнің ластануынан биологиялық қауіптіліктің пайда болу тәуекелі төмендейді және ескерілмейді.

Нан пісіру өндірісіндегі негізгі қауіпті факторлар биологиялық (микробиологиялық), химиялық және физикалық болып табылады. Төменде олардың сипаттамалары кеңінен көрсетілген.

Нан пісіру өндірісіндегі биологиялық (микробиологиялық) қауіптер табиғи уыттар – бактериялық уыттар, фикотоксиндер (балдырлардың уыттары), кейбір фитотоксиндер және мико-уыттылар аса қауіпті болып табылады. Содан кейін приондар, вирустар, қарапайым токсиндер, биологиялық белсенді заттар. Айта кету керек, антропогендік химиялық ластағыштар мен тағамдық қоспалар тек осы қатарды жабады. Микотоксиндер афлатоксин В₁ және охратоксин α-канцерогендер және организмге белгіленген шамамен (немесе тіпті шамадан асатын) салыстырылатын мөлшерлерде түседі. Тамақпен түсетін қалдық мөлшері, мысалы хлорорганикалық пестицидтер, осы мөлшелері ондық және мыңдық пайызын құрайды. Бактериялар мен олардың токсиндері аса маңызды – бұл көптеген лезде және созылмалы тағамдық улану, токсикоинфекциялардың себебі болып табылады. Жануар және

өсімдік тектес тамақ өнімдерінің эпидемиологиялық қауіпсіздігі ең алдымен микробиологиялық көрсеткіштер бойынша анықталады.

Нан пісіру өндірісінің физикалық қауіптілігі бөгде қоспалардың физикалық заттардың түсуі. Нан пісіру өндірісінің физикалық қауіптілігі санитарлық нормалар мен ережелерді сақтамағанда, кейіннен жеке гигиенаны сақтамағанда (шаш, тырнақ және т.б.) туындауы мүмкін.

Зерттеу әдісі

Өндірілетін өнім үшін әрбір ықтимал қауіпті фактор бойынша тәуекел мынадай әдістеме бойынша бағаланды: қауіпті факторды іске асырудан болатын салдардың ауырлығын және қауіпті факторды іске асыру ықтималдығын анықтау жүзеге асырылды. Тәуекелді талдау қауіпті факторды іске асыру салдарларынан ауырлығын бағалауды көбейту және оны іске асыру ықтималдығын бағалау жолымен жүргізілді.

$$Қауіп = \text{салдардың ауырлығы} * \text{қауіпті фактордың пайда болу ықтималдығы} \quad (1)$$

Қауіпті факторды іске асыру ықтималдығын 1,2-ші кестеге сәйкес бағалаудың 4-ші ықтимал нұсқасына сүйене отырып, барлық қолжетімді ақпарат көздері мен зертханалық тәжірибені ескере отырып, сараптамалық жолмен бағалайды

Кесте 1 – Қауіпті факторды реализациялау салдарының ауырлығы

Бағасы	Салдары	Анықтамасы
1	Төмен	Тұтынушының жайсыздығы. Өнімді пайдалану әлсіздік тудыруы мүмкін, бірақ денсаулық үшін қандай да бір маңызды салдарға әкелмейді
2	Орташа	Тұтынушының бейімсіздігі. Ұзақ уақыт бойы өнімді жүйелі түрде пайдалану денсаулыққа қауіп төндіруі мүмкін.
3	Жоғары	Өнімді пайдалану бірнеше немесе барлық тұтынушылардың денсаулығы үшін елеулі салдарларға әкелуі мүмкін

Кесте 2 – Қауіпті факторды реализациялаудың ықтималдылығы

Бағасы	Салдары	Анықтамасы
0,5	Әлсіз	Қауіпті фактор жылына 1 реттен сирек пайда болуы мүмкін
1	Төмен	Қауіпті фактор айына бір реттен жылына бір ретке дейін пайда болуы мүмкін
3	Орташа	Қауіпті фактордың пайда болуы мүмкін өзгеріс бір айда аптасына бір рет
5	Жоғары	Қауіпті фактор әр партиядан аптасына бір рет жиілікпен пайда болуы мүмкін

Егер алынған нәтиже 5-тен аз болса, онда осы кезеңді бақылау нүктесімен анықтайды және ескерту шараларының жұмыс жоспарын әзірлейді. Егер алынған нәтиже 5-тен артық немесе тең болса, онда қауіпті рұқсат етілген деңгейге дейін төмендету үшін алдын алу шараларын немесе бақылау шараларын айқындайды және СБН-іне таңдау алгоритмі бойынша талдау жүргізеді [3].

Зерттеу нәтижелері

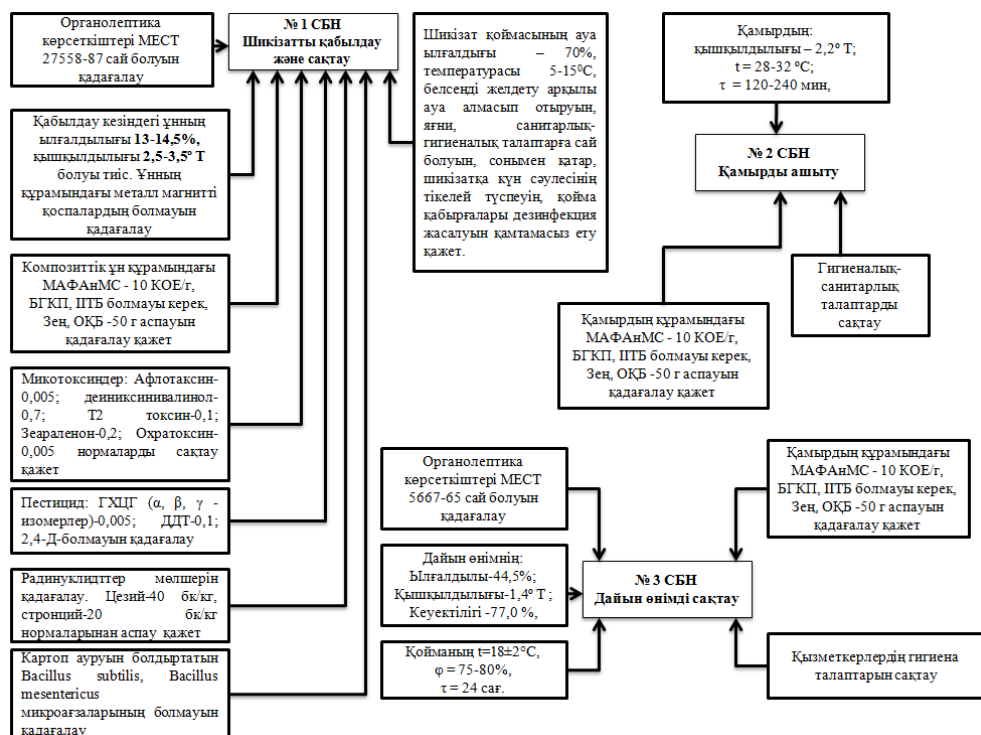
Осылайша, сыни бақылау нүктелеріне таңдау алгоритмі бойынша талдау жүргізіліп, 3 кестеде глютенсіз нанның қауіпсіздігіне әсер ететін сыни бақылау нүктелері анықталып, 2 суретте сыни бақылау нүктелеріне қойылатын іс-шара келтірілді.

Нәтижелерді талқылау

СБН 1 қабылдау мен сақтау процесіне қойылатын іс-шара: шикізатты қабылдау кезінде органолептикалық көрсеткіштері МЕСТ 27558-87 бойынша қадағалау, ылғалдылығы 13-14,5% аспауы керек, композиттік ұнның қышқылдылығы 2,5-3,5 °Т болуы тиіс, микробиологиялық көрсеткіштері 2 суретте келтірілген талаптарға сай болуын қадағалау керек, сонымен қатар шикізат қоймасының ауа ылғалдығы – 70%, температурасы 5-15°C, белсенді желдету арқылы ауа алмасып отыруын, яғни, санитарлық-гигиеналық талаптарға сай болуын, сонымен қатар, шикізатқа күн сәулесінің тікелей түспеуін, қойма қабырғалары дезинфекция жасалуын қамтамасыз ету қажет. Осы талаптарды орындау арқылы өздігінен қызу сияқты процестерді тежеу, шикізаттың микробиологиялық бұзуына жол бермеуге болады. Ұнды жабық ыдыстарда сақтағаннан қарағанда қаптарда ұзақ сақталынады, себебі ауамен тынысталуында.

Кесте 3 – Глютенсіз нанның қауіпсіздігіне әсер ететін сыни бақылау нүктелерді анықтау

Процесс сатысы	Қауіпті фактор типі	1-ші сұрақ Алдын алудың басқару құралдары бар ма?	2-ші сұрақ Бұл кезең қауіптіліктің пайда болу ықтималдығын қолайлы деңгейге дейін жою немесе азайту үшін арнайы көзделген болып табыла ма?	3-ші сұрақ Ластану анықталған қауіптен рұқсат етілген деңгейден асуы немесе рұқсат етілмеген деңгейге жетуі мүмкін бе?	4-ші сұрақ Келесі кезең анықталған қауіпті жою немесе оның туындау ықтималдығын қолайлы деңгейге дейін төмендетуі мүмкін бе?	Міндетті алдын ала бағдарлама немесе СБН
Шикізатты қабылдау және сақтау	Биологиялық	Жоқ	Иә	Иә	Иә	1 СБН
	Физикалық	Иә	Иә	Иә	Иә	
Шикізатты дайындау	Физикалық	Иә	Иә	Жоқ	Жоқ	Жабыдқтарды пайдалану қатынасында МАБ шеңберінде басқару
	Биологиялық	Жоқ	Иә	Жоқ	Жоқ	
Шикізатты мөлшерлеу	Физикалық	Жоқ	Жоқ	Жоқ	Иә	
Қамырды илеу	Физикалық	Жоқ	Иә	Жоқ	Жоқ	МАБ шеңберінде қамырды илеуді бақылау
	Биологиялық	Иә	Иә	Иә	Иә	
	Химиялық	Жоқ	Иә	Жоқ	Жоқ	
Қамырды бөлу	Физикалық	Жоқ	Иә	Жоқ	Жоқ	МАБ шеңберінде қамырдың салмағын бақылау
Қамырды ашыту	Биологиялық	Жоқ	Иә	Жоқ	Иә	2 СБН
Пісіру	Биологиялық	Иә	Иә	Жоқ	Жоқ	МАБ шеңберінде нан пісіру пештерінде температураны бақылау
Суыту	Биологиялық	Иә	Иә	Жоқ	Жоқ	МАБ шеңберінде нан сақтау орындарында температура мен ылғалдылықты бақылау
Дайын өнімі Сақтау	Физикалық	Иә	Иә	Иә	Жоқ	3 СБН
	Биологиялық	Иә	Иә	Иә	Жоқ	



Сурет 2 – Глютенсіз нан өндірісіндегі сыни бақылау нүктелеріне қойылатын іс-шара

СБН 2 қамырды ашыту кезінде келесі факторларды ескеру керек: ашыту процесінің соңында қамырдың қышқылдығы тексеріледі, қамыр қышқылдығы 3,0-3,5°Т, температурасы 28-32°С болу тиіс, процесс ұзақтығы 120-240 мин. құрайды. Қамырдың құрамында МАФАНМС-10 КТБ/г және Зең, ОҚБ-50 г аспауын қадағалау, ІТТБ болмауын қадағалау қажет, сонымен қатар жұмысшыларға қойылатын гигиеналық-санитарлық талаптарды сақтау керек.

СБН 3 дайын өнімді сақтау барысында қойылатын талаптар: дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштері МЕСТ 5667-65 сай болуы тиіс, ылғалдылығы 44,5%, қышқылдылығы 1,4 °Т, кеуектілігі 77,0 %-ды құрау қажет. Сақтау қоймасының температурасы 18±2°С, ауа ылғалдығы 75-80%, сақтау мерзімі 24 сағат және санитарлық-гигиеналық талаптар сақталуы қажет. Нан өнімдері дайын өнім қоймасында арнайы сөрелерде сақталады. Әр 3 ай сайын жабдықтардың паспортына сәйкестігін жүйелі түрде өлшем бірлігінің дәлдігін тексеріп отыру қажет. Технологиялық бақылау журналдарында жазбалардың болуы, ішкі бақылау жүргізу, кварталына бір рет қызметкерлердің құзыреттілігіне тест алынуы, өнімді дұрыс қолдану немесе сәйкес келмейтін өнімдерді жою және түзету шаралары жүргізілуін қадағалау қажет.

Қорытынды

Жаңа композиттік ұннан алынған глютенсіз нанды өндіру кезінде сыни бақылау нүктелерін таңдау барысында алгоритмі бойынша талдау жүргізілді. Глютенсіз нан өндірісінің тиімділігін арттыру үшін зерттеу барысында үш сыни бақылау нүктелері айқындалып, әрбір нүкте бойынша нақты іс-шаралар қарастырылды. Бұл шаралар өнімнің сапасын жақсартуға, қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және өндіріс процесін оңтайландыруға бағытталған. Композиттік ұнның қолданылуы глютенсіз нанның құрылымын және тағамдық құндылығын арттыруға ықпал етеді. Барлық аталған зерттеулер мен шаралар нан өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін тиімді негіз болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Азық-түлік шикізатты және тағам өнімдерінің қауіпсіздігі / М.Ж. Еркебаев және т.б. // Оқулық. – Алматы, 2013 – Б. 280.
2. Методическое пособие по применению принципов HACCP предприятиями, оказывающими населению услуги общественного питания // https://gosuslugi.pnzreg.ru/upload/FRGU/c8d/hassp_1_.pdf. 05.10.2024.
3. СТ РК 1179-2003. Система качества управление качеством пищевых продуктов на основе принципов HACCP / Государственный стандарт РК. – 2015-09-02. – Выдан документ РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», 2015. – 18 с.
4. Тунгышбаева У.О. Разработка модели интегрированной системы безопасности и качества хлебобулочных изделий. дис. ... док. философ. PhD: 6D073500 / Тунгышбаева Улбала Облбековна; АТУ; науч. конс. Р.У. Уажанова. – Алматы, 2019. – 162 с.
5. Тохтаров Ж.Х. Шырғанақ қосылған жартылай ет фабрикасының тағамдық қауіпсіздігін және сапасын бағалау. дисс. ... док.философ. PhD: 6D073500 / Тохтаров Жайық Хамитович; Университет Шакарима; науч. конс. К.Ж. Амирханов, С.Л. Гаптар. – Семей, 2019. – 164 с.
6. Кулуштаева Б.М. Композициялық ұн қосылған глютенсіз нанның қауіпсіздігін қамтамасыз ету: дис. PhD: 6D073500 – Тағам қауіпсіздігі / Кулуштаева Ботакоз Манарбековна; Шәкәрім универ.; ғыл. жет. Г.Н. Нұрымхан. – Семей, 2023. – 178 б.
7. Анализ качества безглютенового хлеба / Б.М. Кулуштаева и др. // Вестник ГУ имени Шакарима г. Семей. – 2019. – № 1(85). – С. 158-161.
8. Technology of production, nutritional value and food safety of gluten free bread / B. Kulushtayeva et al // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – № 7. – P. 1338-1344.
9. СТ РК 1179-2003. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов HACCP. Общие требования. – Введ. 2003-10-31. – Астана, 2003. – 18 с.
10. План HACCP. Управление рисками <https://www.techconsult.com.ua/ru/sistemy-menedzhmenta-iso/plan-haccp-upravlenie-riskami/> 10.10.2020.

References

1. Azyq-tylik shikizatty zhәне taғam өnimderiniң қаuiipsizdigi / M.ZH. Erkebaev zhәне t.b. // Оқулық. – Алматы, 2013 – В. 280. (In Kazakh).
2. Metodicheskoe posobie po primeneniyu printsipov NASSR predpriyatiyami, okazyvayushchimi naseleniyu uslugi obshchestvennogo pitaniya // https://gosuslugi.pnzreg.ru/upload/FRGU/c8d/hassp_1_.pdf. 05.10.2024. (In Russian).

3. ST RK 1179-2003. Sistema kachestva upravlenie kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov NASSR / Gosudarstvennyi standart RK. – 2015-09-02. – Vydan dokument RGP «Kazakhstanskii institut standartizatsii i sertifikatsii», 2015. – 18 s. (In Russian).
4. Tungyshbaeva U.O. Razrabotka modeli integrirovannoi sistemy bezopasnosti i kachestva khlebobulochnykh izdelii. dis. ... dok. filosof. PhD: 6D073500 / Tungyshbaeva Ulbala Oblbekovna; ATU; nauch. kons. R.U. Uazhanova. – Almaty, 2019. – 162 c. (In Russian).
5. Tokhtarov ZH.KH. Shyrfanax qosylyan zhartylai et fabrikatynyñ taramdyy qaupsizdigin zhone sapasyn baralau. diss. ... dok.filosof. PhD: 6D073500 / Tokhtarov Zhaiyk Khamitovich; Universitet Shakarima; nauchyu kons. K.ZH. Amirkhanov, S.L. Gaptar. – Semei, 2019. – 164 c. (In Kazakh).
6. Kulushtaeva B.M. Kompozitsiyalyq yn qosylyan glyutensiz nannyn qaupsizdigin qamtamasyz etu: dis. PhD: 6D073500 – Taram qaupsizdigi / Kulushtaeva Botakoz Manarbekovna; Shakerim univer.; fyl. zhet. G.N. Nyrymkhan. – Semei, 2023. – 178 b. (In Kazakh).
7. Analiz kachestva bezglyutenovogo khleba / B.M. Kulushtaeva i dr. // Vestnik GU imeni Shakarima g. Semei. – 2019. – № 1(85). – S. 158-161. (In Russian).
8. Technology of production, nutritional value and food safety of gluten free bread / V. Kulushtayeva et al // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – № 7. – P. 1338-1344. (In English).
9. ST RK 1179-2003. Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov NASSR. Obshchie trebovaniya. – Vved. 2003-10-31. – Astana, 2003. – 18 s. (In Russian).
10. Plan HACCP. Upravlenie riskami <https://www.techconsult.com.ua/ru/sistemy-menedzhmenta-iso/plan-haccp-upravlenie-riskami/> 10.10.2020. (In Russian).

Б.М. Кулуштаева[†], Г.Т. Жуманова¹, А.С. Камбарова¹, Ф.Х. Смольникова¹, Ж.С. Набиева²

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, Глиники 20 А

²Алматинский технологический университет,
050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

*e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ НАССР В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

В Казахстане вопросы продовольственной безопасности становятся приоритетными, особенно с учетом роста спроса на разнообразие пищевых продуктов. В этой связи обеспечение безопасности хлебопекарной продукции приобретает особое значение для поддержания высокого качества, защиты здоровья потребителей и повышения конкурентоспособности на рынке. Система НАССР направлена на предотвращение рисков и их эффективное управление, обеспечивая проактивный подход к безопасности продуктов.

В данной статье рассмотрено внедрение системы НАССР в технологический процесс производства безглютенового хлеба с выявлением критических контрольных точек (ККТ). Использование НАССР в производстве позволяет повысить качество конечной продукции для потребителей. В ходе исследования были определены микробиологические, химические и физические риски, а также соответствующие критические контрольные точки. В процессе производства безглютенового хлеба выделены три ККТ, для которых разработаны меры по устранению выявленных угроз. Применение системы НАССР в хлебопекарной отрасли способствует повышению производственной эффективности, улучшению качества продукции и снижению затрат, играя важную роль в усилении конкурентных позиций предприятия.

Для производства безглютенового хлеба на основе проведенных исследований используется комбинированная мука, включающая амарантовую и нуттовую муку, а также пшеничный крахмал. Результаты комплексных исследований показали, что органолептические, физико-химические свойства, а также аминокислотный и витаминный состав безглютенового хлеба соответствуют высокому качеству, что повышает его питательную ценность и положительно влияет на потребителей. В частности, такие характеристики, как вкус, запах и внешний вид продукта, получили высокую оценку, а физико-химические показатели соответствуют установленным стандартам. Кроме того, сбалансированное содержание аминокислот и витаминов делает продукт полезным для здоровья, что увеличивает его вклад в рацион питания и здоровье потребителей.

Ключевые слова: безглютеновый, хлеб, критические контрольные точки, контроль качества, безопасность, комбинированная мука, НАССР, блок-схема.

APPLICATION OF HACCP SYSTEM IN GLUTEN-FREE BREAD PRODUCTION TECHNOLOGY

In Kazakhstan, food security issues are prioritized, especially with the growing demand for a variety of food products. In this context, ensuring the safety of bread products becomes particularly important for maintaining high quality, protecting consumer health, and enhancing market competitiveness. The HACCP system is aimed at preventing and managing risks, providing a proactive approach to product safety.

This article discusses the implementation of the HACCP system in the technology of gluten-free bread production, identifying critical control points (CCPs). The use of HACCP in production allows for improving the quality of the final product for consumers. The research identified microbiological, chemical, and physical risks, as well as corresponding critical control points. In the gluten-free bread production process, three CCPs were identified, and measures were developed to eliminate the identified hazards. The application of the HACCP system in the bakery industry helps to increase production efficiency, improve product quality, and reduce costs, playing a key role in enhancing the enterprise's competitiveness.

For gluten-free bread production, composite flour was used based on the research results. The composition of the composite flour includes amaranth and chickpea flour, as well as wheat starch. The results of comprehensive research showed that the organoleptic, physicochemical properties, and the amino acid and vitamin composition of gluten-free bread are of high quality, which enhances its nutritional value and has a positive effect on consumers. In particular, the product's taste, smell, and appearance were highly rated, and its physicochemical characteristics met established standards. Moreover, the balanced content of amino acids and vitamins makes the product beneficial for health, increasing its contribution to a healthy diet and consumer well-being.

Key words: *gluten-free, bread, critical control points, quality, safety control, composite flour, HACCP, block diagram.*

Авторлар туралы мәліметтер

Ботакос Манарбековна Кулуштаева* – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Гульнара Токеновна Жуманова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технология» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Фарида Харисовна Смольникова – т.ғ.к., «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Жанар Серікболовна Набиева – PhD, доцент, Алматы технологиялық университетінің Тамақ қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтының директоры, Қазақстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Сведения об авторах

Ботакос Манарбековна Кулуштаева* – PhD, ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Гульнара Токеновна Жуманова – PhD, и.о ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, и.о ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Фарида Харисовна Смольникова – к.т.н, ассоциированный профессор кафедры «Пищевая технология» Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Жанар Серікболовна Набиева – PhD, ассоциированный профессор, директор Научно-исследовательского института пищевой безопасности, Алматинский технологический университет, Казакстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Information about the authors

Botakoz Manarbekovna Kulushtaeva* – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Gulnara Tokenovna Zhumanova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Arai Saginbekovna Kambarova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Farida Kharisovna Smolnikova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Janar Serikbolovna Nabieva – PhD, Associate Professor, Director of the Research Institute of Food Safety, Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Редакцияға енуі 22.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 11.11.2024

Жариялауға қабылданды 20.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-20](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-20)



MPHTI: 65.13.23

М.М. Какимов, С.Д. Токаев, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Искаков*, Б.Т. Рзаев

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даң., 62

*e-mail: baissemey@bk.ru

БИДАЙ ҰНЫН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ОРАМДА ФРАКЦИЯЛАРҒА БӨЛУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа: Мақалада бидай ұны өнімдерін фракцияларға радиалды ағынды, пневматикалық орамды арнада бөлудің математикалық моделі ұсынылып, бидай ұнын ақуызды фракцияларға бөлу арқылы сапалы, құндылығы жоғары ұн өндіру мәселесі қарастырылған. Өртексімайда түйірлерді, пневматикалық орамда түйірлер ағынын ортадан тепкіш күштердің әсерімен бөлудің дифференциалдық теңдеулері берілген.

Математикалық теңдеулерді шешуде геометриялық, физикалық және шекаралық шарттар қойылып, ағынның біртұтастылығы, энергия тасымалдағыш (ауа) пен майда түйірлерінің қозғалыстары сияқты мәндер қолданылған. Сонымен қатар, өртексі майда түйірлерге әсер ететін күштерге талдау жасауда түйірлердің пішінін шар түрінде және ұн түйірлері арасында өзара әрекеттесу болмайтындықтан, олар тасымалдаушы ағында және түйірлердің турбулентті қозғалысы олардың қозғалысының орташа жылдамдығына әсері етпейді деп қарастырдық.

Радиалды ағысты, пневмоорамды арнаның геометриялық және технологиялық көрсеткіштерінен тәуелді түрде, біртұтас ортаның ағысын сипаттайтын аналитикалық өрнектерге сүйеніп, бидай ұны түйірлерінің гидродинамикалық көрсеткіштерімен, тұтас орта қозғалысының векторы бағытының әсерін есепке алатын яғни, бидай ұнын пневмосепаратор көмегімен құраушыларына бөлудегі түйірлердің жылдамдықтары мен траекторияларын есептеуге мүмкіндік беретін математикалық моделі жасалды.

Мақалада қарастырылған бидай ұнын пневмоорамды арнада фракцияларға бөлудің математикалық моделі, бидай ұнын аэродинамикалық көрсеткіштері бойынша фракцияларға бөлудің, ресурс үнемдейтін технологияларын әзірлеудің алдын ала есептеулеріне негіз болады.

Түйін сөздер: бидай ұны, пневмоорамды арна, ағын, түйірлер пішіні, әуелеп қалықтау жылдамдығы.

Кіріспе

Ауыл шаруашылық министрлігінің мәліметі бойынша елдің ішкі тұтынуынан артық 3,2 млн тонна көлеміндегі ұн сыртқы нарыққа шығарылып, ұнды экспорттау көлемі бойынша Қазақстан әлемде жетекші орындардың бірін иеленеді.

Бірақ, Қазақстаннан ұн импорттаушы елдер өздерінің астық өңдеу салаларын тұрақты түрде дамытулары нәтижесінде, еліміздің сыртқы нарыққа сататын ұн көлемі азаюда. Сондықтан, Қазақстанға астықты терең өңдеуді дамытумен қатар, қосымша ұнды байыту салаларын жетілдіріп, ұнды экспортқа шығару құрылымын әртараптандыру қажет.

Осыған байланысты еліміздің ауыл шаруашылығы министрлігі қайта өңдеу саласына инвестицияларды ынталандыру мақсатында қосымша мемлекеттік қолдау шараларын қабылдап, 2024-2026 жылдары Қазақстанда астық өңдеу бойынша 13 жобаны, оның ішінде 2024 жылы – 7 жобаны іске асыру жоспарлауда [1].

Жоғарыда айтылғандарға сай, жыл өткен сайын тұтынушылардың ұнға қойатын талаптары да жоғарылауда. Сондықтан қазіргі заман талаптарына сәйкес, сұрыпталған ұнға деген сұраныстар мен қатар, оның жекелеген құраушыларының көп немесе аз болуына деген қажеттіліктер де өсуде. Мысалы, нан, кондитерлік немесе арнайы өнімдер өндіруге арналған ұн құрамындағы ақуызбен крахмал мөлшеріне қойылатын талаптарға сай болуы. Сондықтан, тұтынушыларды сапалы азық-түлікпен қамтамасыз ету мәселесін, атап айтқанда, қазіргі уақытта сұраныс артып отырған функционалдық мақсатта тұтынатын өнімге деген қажеттіліктердің оң шешім табуыда маңызды мәселелердің біріне айналып, қолданыстағы жабдықтар мен әдістер бұл талаптарға сәйкес келе бермеуі қол байлау болуда.

Бұл мәселелер ірі қайта өңдеу кәсіпорындары сияқты дамыған технологиялық желілерді қолдана алмайтын, агроөнеркәсіптік кешеннің шағын қайта өңдеу кәсіпорындары мен фермерлік шаруашылықтарының алдында тұрған басты мәселелердің біріне айналуға.

Астық өңдеу кәсіпорындарында, ұн өндірудің технологиялық операциялары астықты және оны ұнтақтау өнімдерін бірнеше рет ұнтақтап, өндірілген ұнды фракцияларға бөлуден тұрады. Ұнды фракцияларға бөлу, дайын ұн өнімінің ассортименті мен мақсатына қойылатын талаптарына сәйкес физика-механикалық қасиеттерімен ерекшеленеді [2, 3].

Ұн түйірлерін құрылымдарымен ерекшеленетін құраушыларына яғни, ұн түйірлерін физика-механикалық, аэродинамикалық қасиеттерімен ерекшеленетін фракцияларға бөлу бидай ұнынан жоғары ақуызды құраушы фракцияларын бөліп алып, биологиялық құндылығы жоғары өнім алуды жетілдіру басты мақсат болып табылуда.

Қазіргі уақытта, ұн мен нан өнімдерінің құрамындағы ақуыз бен крахмал мөлшерін реттеу әр түрлі құрамы бар фракцияларды алудың жаңа тәсілдері мен жабдықтарын жетілдіріп, олардың құрылымдарының қарапайым, қол жетімді, қолданылуы оңай және көп функциялы болуы басты қажеттіліктердің бірі.

Бидай ұнын пневмоорамды арналы ауа сепараторларында құраушы фракцияларына бөлу процесіне көптеген шет елдік және отандық ғалымдардың жұмыстарында қарастырылғанымен, әлі де нарық талабына сай жетілдіруді қажет етеді.

Ұн өндірісінің қолданыстағы технологияларында ұнтақтаудың аралық кезеңдеріндегі бөлу дәлдігі өнімнің сапасына және шикізатты пайдалану дәрежесіне әсер етумен қатар, кәсіпорынның өнімділігі мен техника-экономикалық көрсеткіштеріне де әсер етеді [4, 5, 6].

Астықты ұнтақтау өнімдерін ірілігі мен басқа да көрсеткіштері бойынша ерекшеленетін фракцияларға бөлу әдістерін, сондай-ақ технологияларды құрып және қолданыстағы жабдықтарды жаңғырта отырып, жүзеге асыру үшін жоғары тиімді құрылғылар мен технологияларды әзірлеу, энергия үнемдеу және өнім сапасын жоғарылату мәселелерін шешудің басты міндеттерінің бірі болып табылады.

Материалдар мен тәсілдер

Пневмоорамды арналы ауа сепараторында ұн түйірлерін фракцияларға бөлу операциясы ауа ағынында орындалатын көп айнымалылары бар, күрделі процесс болып табылады.

Ұн түйірлерінің ауа ағынында қозғалысы барысында оған әр түрлі күштер әсер етіп, ұнның құраушы түйірлерінің қозғалысын, теориялық талдау кезінде барлық көрсеткіштерді ескеру мүмкін емес. Осыған байланысты, ауа ағынының астық қоспасымен өзара әрекеттесуінің математикалық сипаттамалары классикалық механика заңдарының болжамдарына негізделіп, бұл тәсіл ауа ағынында астық түйірлерінің пневмосепарациялауға

әсер ететін көрсеткіштерін теориялық тұрғыда анықтауға мүмкіндік береді. Оларды шешу негізінде жасалған, математикалық моделдеуде, оңтайландыру көрсеткіштері ретінде фракцияны, аэродинамикалық қасиеттері арқылы бөлу үшін, оның радиусына бұрылыс диаметрі яғни, бөлінетін түйірлердің айналу жылдамдығына байланысты бөлу аймағындағы ауа ағынының жылдамдығы сияқты құрылымдық өлшемдердің қатынасы қарастырылды.

Ұн түйірлерінің бастапқы жылдамдығына байланысты пневмоорамды арнада, олардың әуелеп ұшу жолы екі түрі болуы мүмкін. Біріншісі – ауырлық күшінің өрісіндегі дене қозғалысының қарапайым түзу сызықты қозғалыс, екіншісі-арнаның алыс қабырғасынан соғылып, шағылысқан яғни, бағыты өзгерген қозғалыс.

Зерттеу нәтижелері

Түйірлердің физико-механикалық қасиеттері мен тұтас орта жылдамдығының өрісі, бидай ұнын пневмоорамды арнада ортадан тебу күшінің әсерімен ажырату процесін моделдеуге бастапқы берілгендер болып табылады [7].

Жылдамдықтар өрісін моделдеу радиалды, пневмоорамды ағыстары бар, ауа ағындарының құрылымдарын зерттеу нәтижелері мен өріс үздіксіздігі теңдеуіне [8] негізделіп, жылдамдықтар өрісін сипаттайтын теңдеу қорытындысы келесідей жазылады:

$$\vec{U} = -grad\Phi, \quad (1)$$

Координаталардың цилиндрлі жүйесінде 1-теңдеу төмендегідей жазылады:

$$\Delta\Phi = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \cdot \left(r \cdot \frac{\partial\Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2\Phi}{\partial\varphi^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

2-теңдеудің шешімін радиус-вектормен сипатталатын орам сызық түрінде келесідей сипаттап жазуға болады:

$$\Phi(a, \varphi, z) = a(\varphi) \cdot \vec{e}_r + h \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \vec{e}_z, \quad (3)$$

мұнда a – орам проекцияларының қисықтық радиусы, м; φ – бұрыштық координата, рад.; h – орам қадамы, м.

z өсі бойынша орам қадамын h тұрақты, арнаның бұрамалы көтерілу сызығының бұрышына α^0 пропорционалды деп қабылдаймыз.

Радиалды пневмоорамды ағыстың жүріс сызығы, қисықтық сызығы ауыспалы болатын орам сызықты түзеді [9]. Орам проекциясының қисықтық радиусы a , Архимедтың орамға арналған сызықтық тәуелділігіне сай өзгереді:

$$a = a_0 - \frac{k \cdot \varphi}{2\pi}, \quad (4)$$

мұнда: a_0 – қисықтықтың бастапқы радиусы, м ($r_{oc} \leq a_0 \leq r_k$);

k – ағынның бір айналыста ығысуы, м;

r_{oc} – өстік келте құбырдың радиусы;

r_k – цилиндрлі тұрықтың радиусы, м.

Ағын ығысуын k пневмоарнадағы жылдамдықтың тангенциалды құраушысы U_t мен өстік келте құбырдың терезелеріндегі тұтас ортаның жылдамдықтары U_{oc} мәндеріне қарағанда тікелей пропорционалды деп қабылдаймыз, сонда:

$$k = K \frac{U_{oc}}{U_t}, \quad (5)$$

мұнда: K – пропорционалдық коэффициенті.

U_{oc} мен U_t жылдамдықтарын анықтағаннан кейін, пневмоорамды арнаның реттелетін технологиялық және геометриялық көрсеткіштерін байланыстыратын ағын сызығының ығысу коэффициентін аламыз:

$$k = \frac{K \cdot \varphi \sqrt{((U_{шығ.})^2 - (U_{өст.к.қ.})^2) \cdot r_{\phi max} \cdot b^2}}{\beta(\xi_1 U_{шығ.} \cdot b^2 + \xi_2 U_{өст.к.қ.} \cdot B) \cdot a_0 \cdot e^{\frac{1}{r_{\phi max}}}} \quad (6)$$

мұнда $U_{шығ.}$ – келте құбырдың пневмоорамды арнасындағы ағынның орташа жылдамдығы, м/с; $U_{өст.к.қ.}$ – өстік келте құбырдағы ағынның орташа жылдамдығы, м/с; φ – саңылаулардың пішіні мен өлшемдерін есепке алатын коэффициент; $r_{\phi max}$ – тангенциалды жылдамдықтың ең жоғары шегіне U_{tmax} жететін радиус, м; B – өнімнің жабдықтан шығатын өстік келте құбырының ауданы, м²; b – арна қимасының беті, м; $\xi_1=0,769$ – пневмоорамды арнаның

кедергі коэффициенті; $\xi_2=0,505$ – өстік келте құбырдың кедергі коэффициенті; $\beta=1,5$ – арна құрылымына тәуелді болып келетін, ең жоғары және орташа жылдамдықтарының қатынастарының эмпирикалық коэффициенті.

4-6 теңдеулерді есепке алып, 3-теңдеуді дифференциалдай отырып, өстік келте құбырдағы радиалды ағысты ауа ағынының жылдамдық өрісін сипаттайтын теңдеуді аламыз:

$$\vec{U} = \left(-k \frac{\omega}{2\pi}\right) \cdot \vec{e}_r + \left(\omega \cdot \left(a_o - k \frac{\varphi}{2\pi}\right)\right) \cdot \vec{e}_\varphi + h \cdot \frac{\omega}{2\pi} \cdot \vec{e}_z \quad (7)$$

мұнда ω – ағынның бұрыштық жылдамдығы, рад/с.

7-өрнектегі $\vec{e}_r$, $\vec{e}_\varphi$, $\vec{e}_z$ коэффициенттері, энергиятасымалдағыш жылдамдығы векторының $\vec{U}$ координат жүйесі өстеріне сәйкес келетін проекцияларын көрсетеді.

Ұн түйірлеріне әсер ететін күштерді сараптау мақсатында келесідей бірқатар болжамдар жасаймыз:

1) тасымалдайтын ауа ағынына ұн түйірлері ешқандай әсер етпейді;

2) ауа ағынының турбулентті пульсті қозғалысы ұн түйірлерінің орталықтанған қозғалысына әсер етпейді.

Энергия тасымалдағышпен қозғалысқа келетін ұн түйірлеріне келесідей күштер әсер етеді: инерцияның тангенциалды күші $\vec{F}_T$, ортадан тепкіш күш $\vec{F}_Ц$, Кариолис күші $\vec{F}_{кор}$, аэродинамикалық кедергі күші $\vec{F}_C$, гидравликалық кедергі күші $\vec{F}_{ГД}$, Архимед күші $\vec{F}_A$ және ауырлық күші $\vec{G}$.

Басқа күштердің әсері ажырату процесіне өте аз болғандықтан, оларды есепке алмаймыз. Сонда, жекелеген ұн түйірлерінің қозғалыс теңдеуін Ньютонның екінші заңы бойынша келесідей жазамыз:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = 2m\omega U_t + m\omega^2 r + 2m\omega(\vec{v} - \vec{U}) + 3\pi\mu_B d_3(\vec{v} - \vec{U}) + \frac{\xi\pi d_3^2 \rho_r (\vec{v} - \vec{U})^2}{8} + m\vec{g}(\rho_r/\rho_m) + m\vec{g} \quad (8)$$

мұнда m – түйірлер салмағы, кг; ω_1 – ауа ағынының бұрыштық жылдамдығы, рад/с; U_t – ағынның тангенциалды жылдамдығы, м/с; r – пневмоорамды арнаның радиусы, м; $\vec{v}$ – түйірлердің жылдамдық векторы, м/с; μ_B – ауаның динамикалық тұтқырлық коэффициенті, Па·с; ξ – гидродинамикалық кедергі коэффициенті; ρ_r – ортаның тығыздығы, кг/м³; ρ_m – материалдың тығыздығы, кг/м³; g – еркін түсу үдеуі, м/с².

Түйірлер пішінінің және түйірлердің қозғалысы барысында ағындағы тығыздық шартының әсерін, төмендегі тәуелділікпен анықталатын гидродинамикалық кедергі коэффициенті есепке алады:

$$\xi = k_1 k_2 \cdot (0,462 k_3 + 30/Re) \quad (9)$$

мұнда k_1 – түйірлердің өзара әрекеттесуі нәтижесінде, қозғалысының тығыздық шартын есепке алатын коэффициент; k_2 – жабдық қабырғасының әсері нәтижесінде түйірлердің тығыздық шартын есепке алатын коэффициент; k_3 – түйірлер пішінінің әсерін есепке алатын коэффициент.

Ұн түйірлерінің пішін факторының әсері, түйірлердің нақты әуелеп ұшу жылдамдығын u_e тәжірибелік тәсілмен табу арқылы есепке алынады [10]. Ары қарай, $\xi=f(Re)$ теңдеуімен және $Ar=3\xi Re^2/4$ қатынасының көмегімен, итерациялық тәсіл арқылы түйірлердің эквивалентті диаметрі келесідей есептеп шығарылады:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{v^2 \cdot \rho \cdot Ar}{g(\rho_m - \rho)}} \quad (10)$$

Бидай ұнының майда түйірлерінің I дранды жүйеден кейінгі әуелеп ұшу жылдамдығы 0,5–5,5 м/с аралығында болып, бұл жағдайда түйірлердің есептік эквивалентті диаметрлері 122...1040 мкм аралығында болады [11]. Мысалы, әуелеп ұшу жылдамдығы $u_e=3,5$ м/с болса, эквивалентті диаметр $d_3=675$ мкм болады.

Векторлық шамадан, бір сандық мәнмен өзгешеленетін яғни, векторларды скалярлық көбейтуде сандық мәні алынатын, скалярлық шама бойынша 8-ші теңдеу төмендегідей үш теңдеулер жүйесіне тең болады:

$$\begin{cases} m \frac{dv_x}{dt} = -2m\omega U_t \cdot \cos\varphi + m\omega^2 r \cdot \cos\varphi - 2m\omega(v_x - U_x) - 3\pi\mu_B d_3(v_x - U_x) - \xi\pi d_3^2 \rho_z(v_x - U_x)^2/8 \\ m \frac{dv_y}{dt} = 2m\omega U_t \cdot \sin\varphi + m\omega^2 r \cdot \sin\varphi - 2m\omega(v_y - U_y) + 3\pi\mu_B d_3(v_y - U_y) + \xi\pi d_3^2 \rho_z(v_y - U_y)^2/8 \\ m \frac{dv_z}{dt} = 3\pi\mu_B d_3(v_z - U_z) + \frac{\xi\pi d_3^2 \rho_z(v_z - U_z)}{8} - mg \left(\frac{\rho_z}{\rho_m} \right) + mg \end{cases} \quad (11)$$

Жылдамдықтардың $\vec{v}^I$, $\vec{U}^I$ және координатаның ρ өлшемсіз мәндерін төмендегі қатынастармен анықтаймыз:

$$U_r^I = \frac{U_r}{U_{\text{kipic}}}; \quad U_\varphi^I = \frac{U_\varphi}{U_{\text{kipic}}}; \quad U_z^I = \frac{U_z}{U_{\text{kipic}}}; \quad v_r^I = \frac{v_r}{U_{\text{kipic}}}; \quad v_\varphi^I = \frac{v_\varphi}{U_{\text{kipic}}}; \quad v_z^I = \frac{v_z}{U_{\text{kipic}}}; \quad \rho = \frac{r}{r_k} \quad (12)$$

Майда ұн түйірлерінің салмағын оның тығыздығы мен көлемі бойынша сипаттап жаза отырып, 11 теңдеулер жүйесін кинематика теңдеулерімен толықтырып, математикалық түрлендіруден кейін төмендегі координатаның цилиндрлік жүйесіндегі толық теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} \frac{d\rho}{d\varphi} = \rho \frac{v_r^I}{v_\varphi^I} \\ \frac{dv_r^I}{d\varphi} = v_r^I - 2(v_r^I - U_r^I) - \frac{\rho}{v_\varphi^I} \cdot \frac{1}{St_k} (v_r^I - U_r^I) - K_\xi \frac{\rho}{v_\varphi^I} (v_r^I - U_r^I)^2 \\ \frac{dv_\varphi^I}{d\varphi} = \frac{2U_t}{U_{\text{BX}}} - 2(v_\varphi^I - U_\varphi^I) + \frac{\rho}{v_\varphi^I} \cdot \frac{1}{St_k} (v_\varphi^I - U_\varphi^I) + K_\xi \frac{\rho}{v_\varphi^I} (v_\varphi^I - U_\varphi^I)^2 \\ \frac{dv_z^I}{d\varphi} = \frac{\rho}{v_\varphi^I} \cdot \frac{1}{St_k} (v_z^I - U_z^I) + K_\xi \frac{\rho}{v_\varphi^I} (v_z^I - U_z^I)^2 - \frac{1}{Fr} \cdot \frac{\rho}{v_\varphi^I} (\rho_z/\rho_m) + \frac{1}{Fr} \cdot \frac{\rho}{v_\varphi^I} \end{cases} \quad (13)$$

мұнда St_k – Стокс саны; Fr – Фруд саны; K_ξ – түйірдің гидравликалық кедергісін анықтайтын өлшемсіз көрсеткіш, $K_\xi = \frac{6R_k \cdot \xi \cdot \rho_r}{8\rho_m \cdot d_3}$.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Өстік келте құбырдағы радиалды ағысты ауа ағынының жылдамдық өрісін есепке ала отырып, координатаның цилиндрлік жүйесіндегі ұн түйірлерінің қозғалысын сипаттайтын, 13-теңдеулер жүйесі ұн фракцияларының радиалды ағынды, пневматикалық бұрамалы арнада бөлуді математикалық түрде сипаттайды.

Астықты ұсақтаудың өнімдерін радиалды ағынды, пневматикалық бұрамалы арнада бөлудің, алынған математикалық моделі көрсеткіштері берілген бөлшектердің қозғалыс траекторияларын пневмоорамды арнаның реттелетін технологиялық және геометриялық көрсеткіштерін байланыстыратын ағын сызығының ығысу коэффициенті түйірлер қозғалысының мәндерін есептеуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Математикалық модельдеу тұрғысынан дисперсті бөлшектерді ауа ағынынан бөлу әсерінің критерийі олардың спиральды бұрылыстың қисық бетіндегі бұрылып қозғалу болып табылады. Демек, ұн түйірлерінің бөліну аймағына жететін сәті яғни, орам бұрылысының сыртқы қабырғасының ішкі бетіндегі бөлшектердің жүріп өткен жолы ментүйірлердің орналасқан орындарындағы айырмашылығын анықтау теңдеулерін шешу негізінде алынған мәндер түйірлердің қозғалыс траекториялары болып табылады. Пневмоорамды арналы ауа сепараторында ұн түйірлерін фракцияға бөлуде, ауаның айналмалы қозғалысындағы бөлінетін түйірлердің қозғалысына әсер ететін күштерге талдау жасалып, ағынның технологиялық және геометриялық көрсеткіштерін есепке ала отырып, радиалды ағысты, пневмоорамды ағындағы энергия тасымалдағыштың (біздің жағдайымызда ауа) жылдамдығын есептеуге мүмкіндік беретін математикалық тәуелділік алынды. Сонымен қатар, астықты ұнтақтау өнімі болып табылатын ұн түйірлерінің әуелеп қалықтау жылдамдығынан осы түйірлердің эквивалентті диаметрінің есептік тәуелділігі мен энергия тасымалдағыш болып табылатын ауа ағынының радиалды ағысты пневмоорамды арнадағы ауа ағынының жылдамдығын сипаттайтын аналитикалық өрнек алынды.

Радиалды ағысты, пневмоорамды ауа сепараторында астық өңдеу өндірісінің өнімі болып табылатын ұнды фракцияларға бөлуді есептеуде, ұн түйірлерінің жылдамдықтары мен

траекторияларын есептеуге мүмкіндік беретін математикалық модел ұсынылған.

Пневмоорамды арналы ауа сепараторында түйірлерді бөлу көрсеткіштерін оңтайландырудың негізгі критерийі оның тиімділігі яғни, түйірдің орам арналарында айналып қозғалуын математикалық моделдеу арқылы алдын-ала анықтау, ұсақ майда түйірлердің жіктеліп, бөліну дәрежесін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Глубокую переработку зерна начали развивать в Казахстане. [Электронный ресурс]. URL: <https://eldala.kz/novosti/zerno/19636-glubokuyu-pererabotku-zerna-nachali-razvivat-v-kazahstane>. Дата публикации: 05.07. 2024 г.
2. Проценко Г.И. Вентиляционные и пневмотранспортные установки зерноперерабатывающих предприятий: учеб. пособие / Г.И. Проценко, В.А. Анфалов – М.: Издательство ПРИР, 2000.
3. Туров А.К. Разделение целевых фракций размола зернав аэродинамическом потоке / А.К. Туров, А.А. Мезенов // Материалы межд. науч.-практ. конференции «Агроинженерная наука – итоги и перспективы». –Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т., Новосибирск. – 2004. – С. 201-203.
4. Fistes A. The function for estimating the separation efficiency of the wheat flour milling process / A. Fistes, D. Rakic, A. Takaci // Journal of food science and technology. – 2013. – Т. 50. – Р. 609-614.
5. The potential of fiber-depleted starch concentrate produced through air currents assisted particle separation of barley flour in bio-ethanol production / Y. Lu et al // Bioresource technology. – 2020. – Т. 303. – Р. 122942.
6. Qualitative characterization of unrefined durum wheat air-classified fractions / A. Cammerata et al // Foods. – 2021. – Т. 10, № 11. – Р. 2817.
7. Lewko P. Distribution of arabinoxylans and their relationship with physiochemical and rheological properties in wheat flour mill streams as an effective way to predict flour functionality / P. Lewko, A. Wójtowicz, M. Gancarz // Applied Sciences. – 2023. – Т. 13, № 9. – Р. 5458.
8. The Process of Separating Buckwheat and Wheat Grain in a Pneumatic Cone Separator in the Context of Sustainable Agriculture / E. Kolankowska et al // Processes. – 2021. – Т. 10, № 1. – Р. 59.
9. Dry fractionation process operations in the production of protein concentrates: A review / M.K. Pulivarthi et al // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2023. – Т. 22, № 6. – Р. 4670-4697.
10. Мезенов А.А. Анализ работы мини-мельниц при производстве сортовой муки / А.А. Мезенов // Материалы межд. науч.-практ. конференции «Научное обеспечение устойчивого развития АПК в Сибири» – Улан -Удэ. : Изд-во ФГОУ ВПО «БГСХА им. В.Р. Филипова. – 2004. – С. 172-175.
11. Туров А.К. Классификация пневмосепарирующих систем / А.К. Туров, А.А. Мезенов // Материалы межд. науч.-практ. конференции Современнеетенденции развития АПК в России. – Краснояр. гос. аграр. ун-т-Красноярск. – 2007. – Ч. 2. – С. 86-89.

References

1. Glubokuyu pererabotku zerna nachali razvivat' v Kazakhstane. [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://eldala.kz/novosti/zerno/19636-glubokuyu-pererabotku-zerna-nachali-razvivat-v-kazahstane>. Data publikatsii: 05.07. 2024 g. (In Russian).
2. Protsenko G.I. Ventilyatsionnye i pnevmotransportnye ustanovki zernopererabatyvayushchikh predpriyatii: ucheb.posobie / G.I. Protsenko, V.A. Anfalov – М.: Izdatel'stvo PRIR, 2000. (In Russian).
3. Turov A.K. Razdelenie tselevykh fraktsii razmola zernav aehrodinamicheskom potoke / A.K. Turov, A.A. Mezenov // Materialy mezhd. nauch.-prakt.konferentsii «Agroinzhenernaya nauka – itogi i perspektivY». –Novosib. gos. agrar. un-t. Inzh. in-t., Novosibirsk. – 2004. – S. 201-203. (In Russian).
4. Fistes A. The function for estimating the separation efficiency of the wheat flour milling process / A. Fistes, D. Rakic, A. Takaci // Journal of food science and technology. – 2013. – Т. 50. – R. 609-614. (In English).
5. The potential of fiber-depleted starch concentrate produced through air currents assisted particle separation of barley flour in bio-ethanol production / Y. Lu et al // Bioresource technology. – 2020. – Т. 303. – R. 122942. (In English).
6. Qualitative characterization of unrefined durum wheat air-classified fractions / A. Cammerata et al // Foods. – 2021. – Т. 10, № 11. – R. 2817. (In English).

7. Lewko P. Distribution of arabinoxylans and their relationship with physiochemical and rheological properties in wheat flour mill streams as an effective way to predict flour functionality / P. Lewko, A. Wójtowicz, M. Gancarz // Applied Sciences. – 2023. – T. 13, № 9. – R. 5458. (In English).
8. The Process of Separating Buckwheat and Wheat Grain in a Pneumatic Cone Separator in the Context of Sustainable Agriculture / E. Kolankowska et al // Processes. – 2021. – T. 10, № 1. – R. 59. (In English).
9. Dry fractionation process operations in the production of protein concentrates: A review / M.K. Pulivarthi et al // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2023. – T. 22, № 6. – R. 4670-4697. (In English).
10. Mezenov A.A. Analiz raboty mini-mel'nits pri proizvodstve sortovoi muki / A.A. Mezenov // Materialy mezhd. nauch.-prakt. konferentsii «Nauchnoe obespechenie ustoichivogo razvitiya APK v Sibiri» – Ulan -Udeh.: Izd-vo FGOU VPO «BGSKHA im. V.R. Filipova. – 2004. – S. 172-175. (In Russian).
11. Turov A.K. Klassifikatsiya pnevmosepariruyushchikhsistem / A.K. Turov, A.A. Mezenov // Materialy mezhd. nauch.-prakt. konferentsii Sovremenneetendentsii razvitiya APK v Rossii. – Krasnoyar. gos. agrar. un-t-Krasnoyarsk. – 2007. – CH. 2. – S. 86-89. (In Russian).

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеулер Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі қаржыландыратын 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми, ғылыми-техникалық бағдарламалар бойынша бағдарламалық-нысаналы қаржыландыруға арналған конкурс (BR22883587 Қазақстан Республикасының азық-түлік қауіпсіздігін нығайту үшін ауыл шаруашылығы шикізатын терең қайта өңдеудің ғылымды қажет ететін технологияларын жетілдіру және әзірлеу) шеңберінде орындалды.

М.М. Какимов, С.Д. Токаев, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков*, Б.Т. Рзаев
 Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
 010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Жеңіс, 62
 *e-mail: baissemey@bk.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРОДУКТА РАЗМОЛА ЗЕРНА В ПНЕВМОВИНТОВОМ КАНАЛЕ

В статье предложена математическая модель разделения продуктов пшеничной муки на фракции в радиальном потоке, пневмовинтового канала, рассмотрена проблема производства муки высшего качества и пищевой ценности путем разделения пшеничной муки на белковые фракции. Даны дифференциальные уравнения разделения потока неоднородных частиц муки под действием центробежных сил.

При решении математических уравнений были заданы геометрические, физические и граничные условия и параметры движения потока энергоносителя (воздуха) и мелких частиц. Кроме того, при анализе сил, действующих на разнородные мелкие частицы муки, рассматривали форму частиц в виде шара и из-за отсутствия взаимодействий между частицами муки, они находятся в потоке-носителе, турбулентное движение частиц не влияет на их среднюю скорость движения.

Опираясь на аналитические выражения, характеризующие течение однородной среды, в зависимости от геометрических и технологических показателей радиального потока пневмовинтового канала, разработана математическая модель, позволяющая рассчитать скорость и траекторию частиц муки при разделении их на фракции с помощью пневмосепаратора, учитывающая влияние направления вектора движения однородной среды с гидродинамическими показателями частиц пшеничной муки.

Рассмотренная в статье математическая модель разделения пшеничной муки на фракции в пневмовинтовом канале, служит основой для предварительных расчетов деления пшеничной муки на фракции по аэродинамическим показателям и разработки ресурсосберегающих технологий.

Ключевые слова: пшеничная мука, пневмовинтовой канал, поток, форма частиц, скорость витания.

M.M. Kakimov, S.D. Tokayev, G.Kh. Ospankulova, B.M. Isakov*, B.T. Rzaev
 S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
 010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Ave., 62
 *e-mail: baissemey@bk.ru

MATHEMATICAL MODELING OF GRAIN MILLING PRODUCT COMPONENTS DISTRIBUTION IN A PNEUMATIC SCREW CHANNEL

The article proposes a mathematical model for the separation of wheat flour products into fractions in a radial flow, a pneumatic screw channel, and considers the problem of producing flour of the highest quality and nutritional value by dividing wheat flour into protein fractions. Differential equations for the separation of the flow of inhomogeneous flour particles under the action of centrifugal forces are given.

When solving mathematical equations, geometric, physical and boundary conditions and parameters of the flow of energy carrier (air) and small particles were set. In addition, when analyzing the forces acting on heterogeneous fine flour particles, the shape of the particles in the form of a ball was considered and, due to the absence of interactions between flour particles, they are in a carrier stream, the turbulent movement of the particles does not affect their average speed of movement.

Based on analytical expressions characterizing the flow of a homogeneous medium, depending on the geometric and technological parameters of the radial flow of the pneumatic screw channel, a mathematical model has been developed that allows calculating the speed and trajectory of flour particles when dividing them into fractions using a pneumatic separator, taking into account the influence of the direction of the vector of motion of a homogeneous medium with hydrodynamic parameters of wheat flour particles.

The mathematical model of the separation of wheat flour into fractions in a pneumatic screw channel considered in the article serves as the basis for preliminary calculations of the division of wheat flour into fractions according to aerodynamic parameters and the development of resource-saving technologies.

Key words: wheat flour, pneumatic screw channel, flow, particle shape, soaring speed.

Авторлар туралы мәліметтер

Мұхтарбек Муканович Какимов – т.ғ.к., профессор, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Серік Дюсенғалиевич Тоқаев – т.ғ.к., «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Исаков* – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темірбекович Рзаев – докторант, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru.

Сведения об авторах

Мухтарбек Муканович Какимов – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Серик Дюсенғалиевич Тоқаев – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Исаков* – PhD, преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темірбекович Рзаев – докторант, преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru.

Information about the authors

Mukhtarbek Mukanovich Kakimov – Candidate of technical Sciences, professor, head of department «Technologies of food and processing industries», Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Serik Dyusengalievich Tokayev – Candidate of technical Sciences, senior lecturer of department «Technologies of food and processing industries»; Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the department «Technologies of food and processing industries», Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov* – PhD, lecturer of department «Technologies of food and processing industries», Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seyfullin; e-mail: baissmey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Bakhtiyar Temirbekovich Rzaev – PhD student, lecturer of the department «Technologies of food and processing industries», Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru.

Редакцияға енуі 18.10.2024
Өңдеуден кейін түсуі 30.10.2024
Жариялауға қабылданды 31.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-21)



FTAXP: 65.51.03

Н.А. Есенкулова, Т.Б. Абдигалиева*

Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан республикасы, Алматы қ., Төле би көшесі, 100
*e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru

СИДР ДАЙЫНДАУҒА АРНАЛҒАН АЛМА ШЫРЫНДАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Бұл мақалада сидр өндірісінде қолдануға арналған алманың әртүрлі сұрыптарынан алынған шырындардың физика-химиялық қасиеттерін салыстырмалы талдау нәтижелері берілген. Алманың үш сұрыптары зерттеуге алынды: 1) «Антоновка обыкновенная», 2) «Грушовка Верненская» және 3) «Голден Делишес». Жұмыс барысында әр сұрыптан шырындар бөлініп алынды және келесідей негізгі көрсеткіштері анықталды: қышқылдық, қант мөлшері, фенолдық қосылыстардың концентрациясы, органикалық сипаттамалары.

Алынған мәліметтерге сәйкес, бірінші үлгінің шырынындағы құрғақ заттардың мөлшері $14,3 \pm 1,12\%$ құрады. Бұл мән екінші үлгідегі құрғақ заттарға қарағанда $1,1\%$ жоғары, алайда үшінші үлгіден $0,6\%$ -ға аз болды. Қанттың ең көп мөлшері үшінші үлгіде, ал ең төмен мөлшері бірінші үлгіде анықталды. Ал, екінші үлгідегі шырын құрамында С дәруменінің деңгейі жоғары болғаны анықталды және оның мәні $21,1 \pm 1,63$ мг/100мл тең болды. Қалған екі шырын үлгілерінде бұл көрсеткіш $14,2 - 15,6$ мг/100мл аралығында болғаны анықталды. Сонымен қатар, шырын үлгілерінің биохимиялық көрсеткіштері бойынша аса айырмашылық байқалмады. Алайда, 2- үлгі құрамындағы глюкоза мен фруктозаның деңгейі 1-үлгімен салыстырғанда сәйкесінше $15,6\%$ және $8,4\%$ -ға, ал 3-үлгімен салыстырғанда $22,8\%$ және $20,5\%$ -ға төмен болды. Үлгілердің құрамындағы жалпы азоттың мөлшері 1-үлгіде ең жоғары мөлшерде анықталса, ал аминды азот мөлшері барлық үлгілерде шамамен бірдей деңгейде анықталды. Сондай-ақ, барлық шырын үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштері нормативтік құжаттардағы талапқа сәйкес болды.

Зерттеудің нәтижелері бойынша алманың әртүрлі сұрыптарынан өндірілген шырындардың физика-химиялық және биохимиялық қасиеттерінде айтарлықтай айырмашылықтар бар екені анықталды. Бұл айырмашылықтар сидр өндіру үшін алма сұрыптарын мұқият таңдаудың маңыздылығын көрсетеді. Алма сұрыпын дұрыс таңдау өнімнің соңғы сапасына, дәміне, хош иісіне, органолептикалық қасиеттеріне және химиялық құрамына айтарлықтай әсер етеді. Сидрдің қажетті сипаттамаларына қол жеткізу үшін алманың әр сортының ерекшеліктерін ескеру қажет. Мәселен, сидрдің тәттілігін арттыру үшін «Голден Делишес» сұрыпын қолдануды, ал С дәрумені мен басқа да пайдалы заттардың жоғары концентрациясын қамтамасыз ету үшін «Грушовка Верненская» сұрыпын қолдануды ұсынамыз.

Түйін сөздер: сидр, алма шырыны, физика-химиялық параметрлер, биохимиялық параметрлер, ашыту үрдісі, өнім сапасы, органикалық көрсеткіштер.

Кіріспе

Сидр өндірісінде алма шырыны негізгі шикізат көзі болып табылады және мұндай шикізаттың физикалық-химиялық және биохимиялық сипаттамалары ашыту үрдісіне және соңғы өнімнің сапасына айтарлықтай әсер етеді [1]. Қазіргі уақытқа дейін жүргізілген зерттеулер алма шырынының сапасы алманың сұрыпына, оның өсу жағдайлары мен жетілу дәрежесіне, сонымен қатар өнімді өңдеу технологияларына байланысты әртүрлі болатындығын дәлелдеген. Алма шырынындағы қышқылдық, қант, фенолдық қосылыстар мен дәрумендердің мөлшері сидр сияқты соңғы өнімнің органикалық қасиеттері үшін, сондай-ақ оның сапасы мен тағамдық құндылығы үшін маңызды. Сонымен қатар, шырынның құрамындағы басқа да биологиялық белсенді заттар өнімге үлкен әсер етеді [2, 3].

Алма ежелден белгілі және өзіне тән құрамымен ерекшеленетін жеміс [4]. Көптеген жүргізілген ғылыми зерттеулер алманың химиялық құрамы ерекше кенін, сонымен қатар оның антиоксиданттық қасиеті жоғары екендігін дәлелдейді. Жалпы, алма *Rosaceae* түріне және *Maloideae* тұқымдасына жатады. Әдетте, алма ағаштары қоңыржай және тропикалық аймақтарда өсетін жеміс ағаштары болып табылады [5, 6].

Алманың құрамында шамамен 85% су, 12-14% көмірсу, 0,30-1% органикалық қышқылдар, 0,30% ақуыз және 0,10%-дан аз липидтер, минералдар мен дәрумендер бар [7].

Алмада глюкоза мен фруктоза сияқты негізгі моносахаридтер бар, олардың концентрациясы 100 г-ға 1,8-ден 5,6 г-ға дейін. алмадағы сахарозаның орташа мөлшері 100 г-ға 2,6 г құрайды. Алма шырынында 100 мл-ге 300-800 мг D-сорбитол спиртті қант бар. Сонымен қатар, алмада целлюлоза, гемицеллюлоза (пентозан) және пектин бар [8, 9]. Алма метаболизм процестерінде маңызды рөл атқаратын алма, лимон, шарап, хлороген және урсол сияқты органикалық қышқылдарға бай. Алмада сірке, пропион, изомер және валериан сияқты ұшпа май қышқылдары да кездеседі [10]. Жалпы, алманың құрамындағы дәрумендердің түрі мен мөлшері алманың сұрыпына ғана емес, сонымен қатар оны сақтау мерзіміне де байланысты әртүрлі болады. Жаңа піскен алмаларда ұзақ уақыт сақталған алмаларға қарағанда А, В және С дәрумендері көп [11]. Алмадағы С дәрумені деп те аталатын L-аскорбин қышқылының мөлшері 100 г-ға 35 мг-ға жетеді. Бұл дәрумен жоғары антиоксиданттық қасиетке ие және жасушаларды тотығу стрессінен қорғауда маңызды рөл атқарады [12, 13].

Қазіргі таңда, алма құрамында кездесетін фенолдық заттар сидр өндірісінде үлкен мәнге ие [14]. Бұл фенолдық қосылыстар өсімдіктердің екіншілік метаболиттері болып табылады және алмалардың органолептикалық қасиетін жақсартып, олардың антиоксиданттық белсенділігін күшейтуге ықпал етеді [15]. Полифенолдық қосылыстар, әдетте, құрылымы бойынша ерекшеленетін бір немесе бірнеше хош иісті сақиналардан тұратын құрылымға ие. Бұл қосылыстар басқалардан хош иісті сақиналардың саны мен орналасуымен, сондай-ақ гидроксил топтары, алкил топтары, қанттар және органикалық қышқылдар сияқты фенолдық емес алмастырғыштардың болуымен ерекшеленеді. Алма құрамындағы полифенолдық қосылыстарды екі үлкен санатқа бөлуге болады: фенол қышқылдары және флавоноидтар [16, 17]. Алманың шырынына қарағанда құрғақ бөлігінің құрамында флавоноидтардың мөлшері жоғары болады. Ал, алманың күзде пісетін сұрыптарымен салыстырғанда жазғы сұрыптарының құрамында флавоноидтардың мөлшері шамамен 2-4 есеге төмен болады. Дегенмен де, жазда пісетін алма шырынының құрамындағы флавоноидтардың деңгейі күзде пісетін алма шырынынан дайындалған алма концентратының құрамындағы флавоноидтардың мөлшеріне біршама тең келеді [18].

Әдетте, алма құрамында липидтердің мөлшері өте аз болады, яғни шамамен 0,1-0,5% аралығында кездеседі. Липидтердің жоғары деңгейі алманың тұқымдарында кездеседі. Липидтік фракция алма триацилглицериндерден, гликолипидтерден және фосфолипидтерден, каротиноидтардан, тритерпеноидтардан және балауыздардан тұрады [19, 20].

Зерттеу жұмысының маңыздылығы сидр өндіруге арналған Алматы және Алматы облысында өсетін алма сұрыптарын дұрыс таңдау және дайын сусынның сапасын жақсартуға, оның органолептикалық қасиеттерін арттыруға және өнімнің сақталу мерзімін ұзартуға әсер етеді. Бірқатар эксперименттік зерттеулерде алманың әртүрлі сұрыптарын қолданғанда олардың әрқайсысы сидрдің сапасы мен сипаттамаларына әртүрлі әсер ететінін анықталған.

Зерттеу жұмысының мақсаты – Сидр өндірісінде қолдануға арналған Алматы және Алматы облысында өсірілген әртүрлі алма сұрыптарынан дайындалған шырындардың физикалық-химиялық және биохимиялық көрсеткіштерін анықтау және салыстырмалы талдау жүргізу.

Зерттеу нысандары мен әдістері

Зерттеу жұмысының негізгі нысаны ретінде Алматы және Алматы облысында өсірілген әртүрлі алма сұрыптарынан (Антоновка обыкновенная, Верненская Грушовка және Голден Делишес) әзірленген шырындардың үлгілері қолданылды. Антоновка обыкновенная № 1 үлгі құрады, № 2 үлгіні Верненская Грушовка және № 3 үлгі – Голден Делишес болды.

Жұмыс барысында алма шырындарын дайындау үшін алмаларды алдын ала жақсылап жудық және кіші бөліктерге ұсақтап турадық. Сосын арнайы шырын сыққышта шырындарын бөліп алдық. Шырын үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштерін жалпы қабылданған әдістер бойынша зертхана жағдайында анықтадық. Шырындардың титрлік қышқылдықтарын МЕМСТ Р 51434-99 «Жеміс-көкөніс шырындары. Титрленетін қышқылдықты анықтау әдісі» сәйкес жүргіздік. Ұшпа қышқылдықты МЕМСТ 25555.1-2014 «Жемістер мен көкөністерді қайта өңдеу өнімдері. Ұшпа қышқылдарды анықтау әдісі» бойынша анықтадық. Көмірсулардың концентрацияларын МЕМСТ 31669-2012 сәйкес жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен анықтадық. Шырын үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштерін, яғни дәмі мен иісін 5 балдық өлшем бірлігі бойынша зертхана жағдайында анықтадық.

Дайындалған шырын үлгілерінің құрамындағы С дәруменінің мөлшерін МЕМСТ 24556-89 «Жемістер мен көкөністерді өңдеу өнімдері. С дәруменін анықтау әдістері» бойынша титриметрия әдісімен зерттедік. Үлгілердегі жалпы азоттың мөлшерін анықтауды МЕМСТ Р 51438-99 «Жеміс және көкөніс шырындары. Кельдаль бойынша азотты анықтау әдісі» сәйкес жүргіздік. Фенолды қосылыстардың мөлшерін МЕМСТ 25555.1-82 «Жемістер мен көкөністердің өңделген өнімдері. Ұшпа қышқылдарды анықтау әдісі» сәйкес Фолин-Чокальтеу әдісі негізінде анықтадық. Реакциялар қаныққан натрий карбонатымен 22-25 °С температурада жүргізілді. Фенолдық қосылыстардың жалпы құрамы реакциядан кейін 30 минуттан кейін толқын ұзындығы 756 нм калибрлеу қисығы бойынша анықталды. Стандарт ретінде галл қышқылы қолданылды.

Алынған нәтижелер стандартты ауытқуларды ескере отырып, орташа мәндер түрінде ұсынылды. Деректерді Вариациялық-статистикалық өңдеуді Microsoft Excel бағдарламасының көмегімен жүргіздік. Деректер арасындағы айырмашылықтар $P \geq 0,05$ маңыздылық деңгейінде статистикалық маңызды болып саналды.

Зерттеу жұмысының нәтижелері және оларды талдау

Қолданыстағы әдебиеттерге сәйкес, алма шырынын химиялық құрамы қолданылатын алманың алуан түріне байланысты өзгереді. Сондай-ақ, химиялық құрамы алма өңдеу әдістері мен сақтау жағдайларына байланысты өзгеруі мүмкін екендігі атап өтуге болады [21]. Бұл зерттеу жұмысында алма шырыны үлгілерінің РН, құрғақ заттар, титрленетін қышқыл, ұшпа қышқыл, қант және органикалық қасиеттер сияқты физика-химиялық қасиеттерін анықтадық. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Алма шырындары үлгілерінің физикалық-химиялық көрсеткіштерін анықтау

Көрсеткіштер	Алма шырындарының үлгілері		
	1	2	3
Қанттың мөлшері, %	9,23±1,23	11,5±1,52*	14,2±1,76*
Құрғақ зат, %	14,3±1,12	13,2±1,25*	14,9±2,14*
Титрленетін қышқылдығы, г/дм ³	4,9±0,16	4,1±0,75	4,6±0,85
Ұшпа қышқылдарының мөлшері, г/дм ³	0,56±0,02	0,48±0,01	0,37±0,02
С дәрумені, мг/100 мл	14,2±1,62*	21,1±1,63*	15,6±2,21
РН	3,65±0,03	3,56±0,01	3,51±0,02
Органолептикалық көрсеткіштері	4	4	4
* – $P \geq 0,05$			

Алынған нәтижелерге сәйкес, 1-үлгідегі құрғақ заттардың орташа мөлшері $14,3 \pm 1,12\%$ құрады, бұл 2-үлгіден $1,1\%$ төмен және 3-үлгіден $0,6\%$ төмен ($P \geq 0,05$). Жалпы алғанда, алманың қант мөлшері маңызды техникалық көрсеткіш болып табылады, бірақ ол әртүрлі мөлшерде болуы мүмкін. Қант құрамы соңғы өнімнің сипаттамаларына әсер етеді және шырынның қышқылдық деңгейін анықтайды. Нәтижелер қанттың максималды мөлшері 3 – үлгіде (Голден Делишес), ал ең аз мөлшері 1-үлгіде (Антоновка) шырыннан ($P \geq 0,05$) анықталғанын көрсетті.

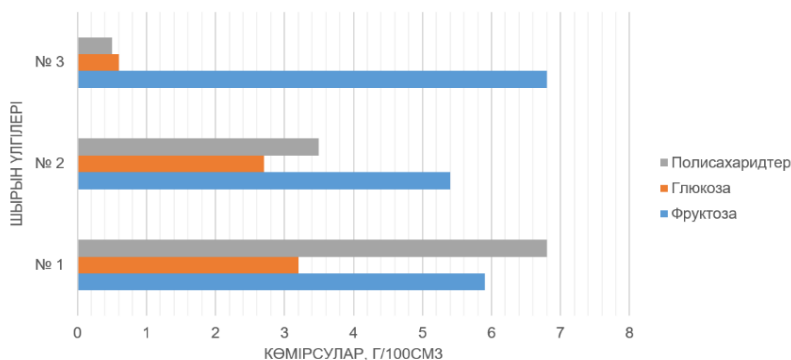
Алма шырынының титрлік қышқылдығы бақылауды қажет ететін тағы бір маңызды көрсеткіш. Зерттелетін шырын үлгілерінің титрлік қышқылдығы $4,1$ -ден $4,9$ г/дм³-ке дейін болды. С дәруменінің ең көп мөлшері «Грушовка Верненская» алма шырынынан анықталды, оның мөлшері орташа есеппен $21,1 \pm 1,63$ мг/100 мл құрады. Қалған екі үлгіде С дәруменінің мөлшері $14,2$ -ден $15,6$ мг/100 мл-ге дейін өзгерді. Алманың әртүрлі сұрыптарынан алынған шырындар сары, бозғылт жасыл түсті, мөлдір сұйықтықтар болды. Барлық үлгілердің хош иісі алмаға тән болды, ал дәмі орташа қышқылдықпен жағымды болды.

Шырын үлгілерінің биохимиялық көрсеткіштерін талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген. Нәтижелер алма шырынының барлық үлгілері арасында биохимиялық көрсеткіштерде айтарлықтай айырмашылықтардың жоқтығын көрсетті. Алайда, 2-үлгі құрамындағы фруктоза мен глюкозаның мөлшері 1-үлгімен салыстырғанда, сәйкесінше $8,4\%$ және $15,6\%$ -ға төмен болғаны анықталды. Ал, 3-үлгімен салыстырғанда бұл көрсеткіштер сәйкесінше, $20,5\%$ және $22,8\%$ -ға төмен болды (1-сурет).

Кесте 2 – Алма шырындары үлгілерінің биохимиялық көрсеткіштері

Үлгі №	Көрсеткіштер					
	Жалпы азот (мг/100дм ³)	Аминды азот (мг/100дм ³)	Жалпы фенолды заттар (мг/100дм ³)	Көмірсулар, г/100см ³		
				Фруктоза	Глюкоза	Полисахаридтер
1	$4,3 \pm 0,21$	$4,7 \pm 0,23$	$28,5 \pm 2,62^*$	$5,9 \pm 1,21$	$3,2 \pm 0,25$	$0,4 \pm 0,01$
2	$3,5 \pm 0,32$	$4,8 \pm 0,02$	$15,6 \pm 3,21$	$5,4 \pm 1,32^*$	$2,7 \pm 0,46^*$	$0,6 \pm 0,01$
3	$3,2 \pm 0,14$	$3,7 \pm 0,01$	$13,2 \pm 2,54$	$6,8 \pm 1,25^*$	$3,5 \pm 0,56^*$	$0,5 \pm 0,02$

* – $P \geq 0,05$



Сурет 1 – Шырындардың құрамындағы көмірсулардың салыстырмалы көрсеткіштері

Екінші және үшінші шырын үлгілерінде жалпы азоттың мөлшері теңдей болды, бұл көрсеткіш $3,5$ -тен $3,2$ мг/100 дм³ дейін анықталды. Сонымен қатар, бірінші үлгідегі жалпы азоттың мөлшері орта есеппен $4,3 \pm 0,21$ мг/100 дм³-ке жетті, бұл екінші үлгіге қарағанда $18,6\%$ - ға және үшінші үлгіге қарағанда $25,5\%$ -ға жоғары. Бірінші және екінші үлгілердегі аминды азот көрсеткіштері орта есеппен $4,7$ -ден $4,8$ мг/100 дм³-ке дейін болды, бұл үшінші үлгіге қарағанда орташа есеппен $22,1\%$ жоғары болды.

Жалпы алғанда, алма құрамындағы фенолды қосылыстардың мөлшері нормаланған көрсеткіштерге жатпайды. Алайда, олардың мөлшері шырындардың тағамдық құндылығына әсер етеді. Көп жағдайда, фенолды қосылыстардың мөлшері шикізаттың бастапқы құрамына, оны өңдеудің технологиялық режимдеріне, ферменттердің белсенділігіне байланысты болады. Зерттеу нәтижесі бойынша 1-үлгі құрамындағы фенолды заттардың жалпы мөлшері орташа есеппен $28,5 \pm 2,62$ мг/100дм³, 2-үлгіде – $15,6 \pm 3,21$ мг/100дм³ және 3-үлгіде $13,2 \pm 2,54$ мг/100дм³ ($P \geq 0,05$) тең болды. Зерттелінген бұл көрсеткіш бойынша ең жоғарғы мән алма шырынының 1-үлгісіне тән болды.

Қорытынды

Жұмыстың нәтижелері алманың физика-химиялық және биохимиялық қасиеттері бойынша сұрыптар арасында айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетті. «Голден Делишес» сұрыпының шырынында басқа екі үлгіге қарағанда қант мөлшері ең жоғары болды. Шырын құрамындағы қанттың көп мөлшері сидр өндірісінде қарқынды хош иістің бөлінуіне ықпал етеді және алкоголь құрамын арттырады. Алайда, бұл шырынның құрамындағы фенолдық қосылыстардың аз мөлшері өнімнің антиоксиданттық қасиеттеріне және жалпы тұрақтылығына теріс әсер етуі мүмкін.

Біздің зерттеу нәтижелерімізге сәйкес, «Антоновка обыкновенная» алма сұрыпының шырыны басқа үлгілермен салыстырғанда фенолдық қосылыстардың жоғары құрамымен және қышқылдықтың тұрақты деңгейімен ерекшеленеді. Сондықтан, бұл сұрыптан сидр өндіру айқын органолептикалық қасиеттерге ие және ұзақ сақтауға төзімді өнім дайындауға мүмкіндік береді. Ал, «Грушовка Верненская» сұрыпынан дайындалған шырынның құрамында С дәруменінің мөлшері басқа үлгілермен салыстырғанда жоғары екендігі анықталды. Ал, бұл көрсеткіш өз кезегінде сидрдің тағамдық құндылығына оң әсер ететіні айқын.

Алматы және Алматы облысында өсетін әртүрлі алма сұрыптарынан дайындалған шырындардың органолептикалық, физикалық-химиялық және биохимиялық көрсеткіштерін салыстырмалы зерттеу нәтижелері сидрдің жаңа түрін өндіру және оны ашыту үрдісі мен сапасына айтарлықтай оң әсер ететіндігі анықталды.

Сондай-ақ, оңтайлы сипаттамалары бар сидр өндіру үшін алма сұрыптарының ерекшеліктерін және олардың негізгі көрсеткіштерін ескеру қажет. Осыдан кейінгі жүргізілетін зерттеулер сидрдің сапасын жақсарту және ассортиментін арттыру мақсатында қолданылған алма сұрыптарын біріктіріп пайдалануға бағытталады.

Әдебиеттер тізімі

1. Сидр из местного сырья Центрально-Черноземного района / А.А. Колобаева и др. // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 48-51.
2. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties / A. Alberti et al // LWT-food Science and Technology. – 2016. – Vol. 65. – P. 436-443.
3. Горячева Е.А. Изменения потребительских свойств яблок различных помологических сортов при технологической переработке / Е.А. Горячева, Н.А. Офиленко, В.А. Назаренко // Молодежь в науке и предпринимательстве. – 2019. – С. 372-376.
4. Impact of the physicochemical composition and microbial diversity in apple juice fermentation process: a review / M. Al Daccache et al // Molecules. – 2020. – Vol. 25, № 16. – P. 3698.
5. Бурак Л.Ч. Влияние химического состава и микрофлоры сырья на процесс брожения яблочного сока / Л.Ч. Бурак, В.В. Яблонская // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2021. – № 3.
6. Ferree D.C. Apples Botany, Production and Uses / D.C. Ferree, I.J. Warrington // CABI Publishing: Oxfordshire, UK. – 2015. – Vol. 1. – P. 635.
7. Sinha N.K. Apples and pears: Production, physicochemical and nutritional quality, and major products / N.K. Sinha // Handbook of fruits and fruit processing. – 2012. – Vol. 245. – P. 367.
8. Наумова Н.Л. Особенности химического состава яблок / Н.Л. Наумова, Ю.А. Бец // Modern Science. – 2020. – № 11-4. – С. 33-36.
9. Sugar composition of apple cultivars and its relationship to sensory evaluation / A. Ticha et al // Żywność Nauka Technologia Jakość. – 2015. – Vol. 22, № 4(101). – P. 137-150.
10. Ye M. Evolution of polyphenols and organic acids during the fermentation of apple cider / M. Ye, T. Yue, Y. Yuan // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94, №14. – P. 2951-2957.
11. Хоконов А.Б. Исследование витаминного состава сока и сидра из яблок зимних сроков созревания / А.Б. Хоконов, Х.Т. Шхашамишев, М.В. Балкаров // Биология в сельском хозяйстве. – 2023. – № 1(38). – С. 25-28.
12. Vitamin C content in fruits: Biosynthesis and regulation / M. Fenech et al // Frontiers in plant science. – 2019. – Vol. 9. – P. 2006.
13. Pehlivan F.E. Vitamin C: An antioxidant agent / F.E. Pehlivan // Vitamin C. – 2017. – Vol. 2. – P. 23-35.
14. Изменение состава фенольных соединений в процессе брожения яблочного сока на древесной щепе / Г.С. Гусакова и др. // Фенольные соединения: свойства, активность, инновации. – 2018. – P. 434.

15. Cosme F. Phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices: A chemical and sensory view / F. Cosme, T. Pinto, A. Vilela // *Beverages*. – 2018. – Vol. 4, № 1. – P. 22.
16. Сравнительные исследования содержания фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности яблок разных сортов / Н.В. Макарова и др. // *Химия растительного сырья*. – 2018. – № 2, С. 115-122.
17. Phenolic compounds / L.A. de la Rosa et al // *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*. – Woodhead publishing, 2019. – P. 253-271.
18. Макарова Н.В. Содержание флавоноидов и антиоксидантная активность яблок / Н.В. Макарова, А.В. Зюзина // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2011. – Vol. 320, № 2-3. – С. 27-29.
19. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds / N.P. Bondonno et al // *Trends in Food Science & Technology*. – 2017. – Vol. 69. – P. 243-256.
20. *Malus domestica*: A review on nutritional features, chemical composition, traditional and medicinal value / J. Patocka et al // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1408.
21. Исследование динамики химического состава сброженных яблочных соков в процессе уксуснокислой ферментации / С.В. Жуковская и др. // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2022. – Т. 84, № 4. – С. 24-31.

References

1. Sidr iz mestnogo syr'ya Tsentral'no-Chernozemnogo raiona / A.A. Kolobaeva i dr. // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2017. – № 11. – S. 48-51. (In Russian).
2. Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties / A. Alberti et al // *LWT-food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 65. – P. 436-443. (In English).
3. Goryacheva E.A. Izmeneniya potrebitel'skikh svoystv yablok razlichnykh pomologicheskikh sortov pri tekhnologicheskoi pererabotke / E.A. Goryacheva, N.A. Ofilenko, V.A. Nazarenko // *Molodezh' v nauke i predprinimatel'stve*. – 2019. – S. 372-376. (In Russian).
4. Impact of the physicochemical composition and microbial diversity in apple juice fermentation process: a review / M. Al Daccache et al // *Molecules*. – 2020. – Vol. 25, № 16. – P. 3698. (In English).
5. Burak L.CH. Vliyanie khimicheskogo sostava i mikroflory syr'ya na protsess brozheniya yablochnogo soka / L.CH. Burak, V.V. Yablonskaya // *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii «Integral»*. – 2021. – № 3. (In Russian).
6. Ferree D.C. Apples Botany, Production and Uses / D.C. Ferree, I.J. Warrington // CABI Publishing: Oxfordshire, UK. – 2015. – Vol. 1. – P. 635. (In English).
7. Sinha N.K. Apples and pears: Production, physicochemical and nutritional quality, and major products / N.K. Sinha // *Handbook of fruits and fruit processing*. – 2012. – Vol. 245. – P. 367. (In English).
8. Naumova N.L. Osobennosti khimicheskogo sostava yablok / N.L. Naumova, YU.A. Bets // *Modern Science*. – 2020. – № 11-4. – S. 33-36. (In Russian).
9. Sugar composition of apple cultivars and its relationship to sensory evaluation / A. Ticha et al // *Żywność Nauka Technologia Jakość*. – 2015. – Vol. 22, № 4(101). – P. 137-150. (In English).
10. Ye M. Evolution of polyphenols and organic acids during the fermentation of apple cider / M. Ye, T. Yue, Y. Yuan // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2014. – Vol. 94, №14. – P. 2951-2957. (In English).
11. Khokonov A.B. Issledovanie vitaminnogo sostava soka i sidra iz yablok zimnikh srokov sozrevaniya / A.B. Khokonov, KH.T. Shkhashamishev, M.V. Balkarov // *Biologiya v sel'skom khozyaistve*. – 2023. – № 1(38). – S. 25-28. (In Russian).
12. Vitamin C content in fruits: Biosynthesis and regulation / M. Fenech et al // *Frontiers in plant science*. – 2019. – Vol. 9. – P. 2006. (In English).
13. Pehlivan F.E. Vitamin C: An antioxidant agent / F.E. Pehlivan // *Vitamin C*. – 2017. – Vol. 2. – P. 23-35. (In English).

14. Izmenenie sostava fenol'nykh soedinenii v protsesse brozheniya yablochnogo soka na drevesnoi shchepe / G.S. Gusakova i dr. // Fenol'nye soedineniya: svoistva, aktivnost', innovatsii. – 2018. – P. 434. (In Russian).
15. Cosme F. Phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices: A chemical and sensory view / F. Cosme, T. Pinto, A. Vilela // Beverages. – 2018. – Vol. 4, № 1. – P. 22. (In English).
16. Sravnitel'nye issledovaniya soderzhaniya fenol'nykh soedinenii, flavonoidov i antioksidantnoi aktivnosti yablok raznykh sortov / N.V. Makarova i dr. // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. – 2018. – № 2, S. 115-122. (In Russian).
17. Phenolic compounds / L.A. de la Rosa et al // Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. – Woodhead publishing, 2019. – P. 253-271. (In English).
18. Makarova N.V. Soderzhanie flavonoidov i antioksidantnaya aktivnost' yablok / N.V. Makarova, A.V. Zyuzina // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya. – 2011. – Vol. 320, № 2-3. – S. 27-29. (In Russian).
19. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds / N.P. Bondonno et al // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 69. – P. 243-256. (In English).
20. Malus domestica: A review on nutritional features, chemical composition, traditional and medicinal value / J. Patocka et al // Plants. – 2020. – Vol. 9, № 11. – P. 1408. (In English).
21. Issledovanie dinamiki khimicheskogo sostava sbrozhenykh yablochnykh sokov v protsesse uksusnokisloi fermentatsii / S.V. Zhukovskaya i dr. // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii. – 2022. – T. 84, № 4. – S. 24-31. (In Russian).

Н.А. Есенкулова, Т.Б. Абдигалиева*

Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, улица Толе би, 100
*e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИДРА

Исследование направлено на сравнительный анализ физико-химических и биохимических характеристик свежих яблочных соков разных сортов, предназначенных для использования в производстве сидра. Соки были получены из яблок следующих сортов: образец 1 – «Антоновка обыкновенная», образец 2 – «Грушовка Верненская» и образец 3 – «Голден Делишес». Были изучены показатели кислотности, содержания сахаров, фенольных соединений, органолептические показатели и др.

Из полученных данных установлено, что содержание сухих веществ в первом образце составило $14,3 \pm 1,12\%$, что больше второго образца на 1,1%, но меньше третьего на 0,6%. Наибольшее содержание сахаров обнаружено в третьем образце, а наименьшее – в первом. Витамин С больше всего содержится во втором образце ($21,1 \pm 1,63$ мг/100 мл), для остальных сортов показатель варьируется от 14,2 до $15,6 \pm 2,21$ мг/100 мл. Биохимический состав соков был в целом идентичен, однако во втором образце содержание глюкозы и фруктозы ниже на 15,6% и 8,4% соответственно по сравнению с первым, и на 22,8% и 20,5% по сравнению с третьим. Количество общего азота было наибольшим в первом образце, тогда как аминокислотный азот оставался примерно на одном уровне для всех образцов. Органолептические показатели образцов соков соответствовали стандартам.

Результаты исследования показали, что физико-химические и биохимические свойства соков, полученных из различных сортов яблок, имеют значительные различия. Эти различия подчеркивают важность тщательного выбора сортов яблок для производства сидра. Правильный выбор сорта яблок существенно влияет на качество конечного продукта, его вкус, аромат, органолептические свойства и химический состав. Для достижения необходимых характеристик сидра необходимо учитывать особенности каждого сорта яблок. Например, для повышения сладости сидра рекомендуется использовать сорт «Голден Делишес», в то время как для обеспечения высокого содержания витамина С и других полезных веществ стоит обратить внимание на сорт «Грушовка Верненская».

Ключевые слова: яблочный сок, физико-химические показатели, биохимические показатели, сидр, процесс брожения, качество продукта.

N.A. Yesenkulova, T.B. Abdigaliyeva*
Almaty Technological University,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, s.Tole bi, 100
*e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru

COMPARATIVE STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF APPLE JUICES FOR CIDER PRODUCTION

The study focuses on the comparative analysis of the physico-chemical and biochemical parameters of fresh apple juices from various varieties for cider production. Juices were prepared from three apple varieties: sample 1 – «Antonovka», sample 2 – «Grushovka Vernenskaya», and sample 3 – «Golden Delicious». Key indicators such as acidity, sugar content, and phenolic compounds were examined.

The results showed that the dry matter content in the first sample was $14,3 \pm 1,12\%$, which is 1,1% higher than the second sample but 0,6% lower than the third. The highest sugar content was found in the third sample, while the lowest was in the first. Vitamin C concentration was highest in the second sample ($21,1 \pm 1,63$ mg/100 ml), whereas the other varieties ranged from 14,2 to $15,6 \pm 2,21$ mg/100 ml. The biochemical composition of the juices was largely similar; however, glucose and fructose levels in the second sample were 15,6% and 8,4% lower than in the first, and 22,8% and 20,5% lower than in the third. Total nitrogen was highest in the first sample, while amine nitrogen levels were consistent across all samples. Organoleptic parameters met standard requirements.

These findings highlight significant differences in the physicochemical and biochemical properties of juices from different apple varieties, underscoring the importance of careful selection for cider production. The choice of apple variety significantly affects the product's quality, taste, aroma, and chemical composition. For sweeter cider, «Golden Delicious» is recommended, while «Grushovka Vernenskaya» is suggested for higher vitamin C and beneficial compounds.

Key words: apple juice, physical and chemical parameters, biochemical parameters, cider, fermentation process, product quality.

Авторлар туралы мәліметтер

Назым Айнабековна Есенкулова – «Биотехнология» білім беру бағдарламасының магистранты, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: nazym.yesenkulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0000-4743-2351>.

Толкын Бакытовна Абдигалиева* – PhD, Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық биотехнология» кафедрасының қаумдастырылған профессоры, Алматы, Қазақстан; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Сведения об авторах

Назым Айнабековна Есенкулова – магистрант образовательной программы «Биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: nazym.yesenkulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0000-4743-2351>.

Толкын Бакытовна Абдигалиева* – PhD, асс.профессор Алматинского технологического университета, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Information about the authors

Nazym Ainabekovna Yesenkulova – master's student of the educational program «Biotechnology», Almaty, Kazakhstan; e-mail: nazym.yesenkulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0000-4743-2351>.

Tolkyn Bakytovna Abdigaliyeva* – PhD, Associate Professor of the Department of «Food Biotechnology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Редакцияға енуі 14.08.2024

Өңдеуден кейін түсуі 29.10.2024

Жариялауға қабылданды 31.10.2024

А.Е. Абдугамитова^{1*}, А.Д. Серикбаева², С.З. Матеева³, Б.М. Искаков¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, 010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Жеңіс, 62

²Казахский национальный аграрный университет,

050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8

³Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,

080000, Республика Казахстан, Тараз, ул. Сулейменова, 7

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАССОЛЬНОГО СЫРА ИЗ КОМБИНИРОВАННОГО МОЛОКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В статье представлены данные по состоянию козьего молока в селе Б. Момышулы, Жуалинского района Жамбылской области. В данной статье исследованы физико-химические и органолептические свойства козьего и коровьего молока, а также их комбинации в соотношении 1:1 для производства рассольных сыров. В процессе исследования были изучены три образца: коровье молоко, смесь коровьего и козьего молока, и козье молоко. Полученные результаты показали, что смесь молока обладает более высоким содержанием жира (4,48%) по сравнению с коровьим молоком (3,86%) и меньшим, чем в козьем молоке (5,0%). Важно отметить, что коагуляция козьего молока происходит почти в два раза быстрее, что связано с низким содержанием каппа-казеина. В результате этого смеси молока удалось достичь большего выхода сыра (12,5%) по сравнению с сыром из коровьего молока (11%), но меньшего, чем из козьего молока (14%).

Технологический процесс производства сыра был адаптирован для смеси молока, что позволило улучшить органолептические характеристики продукта. Установлено, что козье молоко значительно влияет на вкус и консистенцию сыра, придавая ему сливочный вкус и нежную консистенцию. Эти данные могут быть использованы в молочной промышленности Казахстана для расширения ассортимента молочных продуктов и создания более питательных сыров. Исследования проводились в лаборатории молочного предприятия по переработке коровьего молока «Aq Altyn».

Ключевые слова: козье молоко, коровье молоко, физико-химические характеристики, сыры из комбинированного молока, формование, мягкие сыры, фермент, закваска, технология.

Введение

В настоящее время в мировой практике среди сырья для сыров большую часть занимает козье молоко. Особое внимание сыроделов и потребителей привлекают гипоаллергенные и биологические особенности козьего молока, а также стоит отметить органолептические и физико-химические свойства молока, которые отражаются в пикантном вкусе и аромате сыров [1-3].

В результате мониторинга научно-технической литературы [4, 5] медицина отводит важную роль козьему молоку в лечении многих болезней, благодаря своему жирнокислотному, минеральному, витаминному составу. А при производстве детского и лечебного питания, сыров прослеживается тенденция замены коровьего молока козьим молоком.

По данным Комитета статистики МНЭ Республики Казахстан, с 1 января по 1 марта 2020 г. численность овец и коз в Казахстане и составила 19,9 млн. Это почти на 816,8 тыс. голов больше, чем в предыдущем году. Только в самой Жамбылской области в указанный период поголовье МРС увеличилось с 2,8 млн до 2,9 млн. [6].

На сегодняшний день в Жамбылской области нет производства, которое занималось бы переработкой козьего молока, как в больших, так и в малых объемах. Многие крестьянские хозяйства вынуждены перерабатывать козье молоко в домашних условиях. Это приводит к отсутствию на прилавках качественных молочных продуктов из козьего молока отвечающий всем техническим требованиям к качеству и безопасности молочного сырья.

По данным, представленным управления сельского хозяйства акимата Жамбылской области производств по переработке сельскохозяйственной продукции, насчитывается 208 [7].

В виду того, что переработка козьего молока перерабатывается по той же технологической схеме, как и коровье молоко, предприятиям не составит труда внесения в ассортимент продукции на основе или с определенным процентным соотношением козьего молока. Однако применение только козьего молока в производстве сыров вынужденно относит его к группе покупателей премиум класса [8-10].

В связи с вышесказанным целью этого научного исследования стало изучение свойств козьего молока и исследование влияния внесения козьего молока в рецептуру сыра из коровьего молока.

Сущность метода состоит в том, что основным сырьем служит козье и коровье молоко. Данная технология позволяет увеличить выход сыра, по сравнению с сырами из коровьего молока и замещению друг в друге недостающих витаминов и минеральных веществ, а также жирнокислотного и аминокислотного состава. Однако особенности химического состава конкретного вида сырья требуют изменения технологических режимов внесения компонентов для получения сыра оптимальному по органолептическим и физико-химическим показателям.

Материалы и методы исследований

Научно-исследовательская работа проводилась в лаборатории ТОО «LF Company» (Казахстан, Жамбылская обл., село Б.Момышулы).

Объектами исследования стали молоко коровье и козье. Коровье молоко были получены на молочном предприятии «AQ ALTYN», а козье молоко у крестьянских хозяйств Жамбылская обл., село Б.Момышулы. Козье молоко было охлаждено до $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ и транспортировалось в термоконтейнере, способного сохранять температуру продукта в течении 48 часов.

В исследованиях были исследованы органолептические и физико-химические показатели коровьего молока и козьего молока Жамбылской области, а также смеси коровьего и козьего молока в соотношении 1:1 (табл. 1). На их основании были произведены мягкие сыры (образец 1, образец 2, образец 3) (табл. 2), с целью выявления выхода сыра (рис. 1) и органолептических, физико-химических показателей при смешивании молока сельскохозяйственных животных. Все образцы сыра были получены по традиционной технологии получения рассольных сыров. Сырое коровье молоко и козье молоко и принимали по качеству и количеству. Проводили фильтрацию молока с целью очистки от механических примесей. После образцы молока отправили на сепарирование при температуре $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ и подвергали нормализации по массовой доле жира. Для образца 2 было произведено соотношение молока 1:1. Далее образцы молока гомогенизировали для получения однородной смеси при 15 ± 0.5 МПа, пастеризовали при температуре $72-74^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 20-25сек и охлаждали до температуры заквашивания $34\pm 2^{\circ}\text{C}$. Для придания вкусовых характеристик была внесены лиофилизированные заквасочные культуры прямого внесения фирмы MikroMilk YO 100 (производитель microMilk S.r.l., Италия) (чистые культуры *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* в соотношении 1:1) в количестве 1-3% от массы молока и для восстановления баланса кальция после пастеризации и улучшения сычужной свертываемости был применен кальций хлористый (Calcium Chloride, CaCl_2) (производитель РФ). Для коагуляции смеси был использован молокосвёртывающий микробиальный фермент MicroMilk MF2.250 представляющий собой стандартизированный порошок 100% химозина, полученный путем ферментации *Rhizomucor Miehei* с использованием кружки ВНИИМС. Осуществляли коагуляцию молока в течении 30-40 минут до получения плотного сгустка, осуществляли постановку процессом резки сгустка на кубики одинакового размера. Провели формование и самопрессование, посолка в рассоле в течении суток при концентрации соли 20%, выдерживание в рассоле при концентрации 18% в течении 4 суток, реализация в рассоле (в бочке, либо в какой другой ёмкости) или упаковывание в вакуумные пакеты.

Срок хранения готового продукта в рассоле 75 суток, в вакуумной упаковке 50 суток при температуре не более 6°C .

Анализ образцов молочного сырья и готовых продуктов проводился следующими стандартными методами:

– молоко козье сырое. Технические условия по ГОСТ 32940-2014;

– молоко коровье сырое. Технические условия по ГОСТ 31449-2013;
 – определения жира проводили методом, указанным в ГОСТ 5867-90;
 – определения кислотности осуществляли титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92;

– определение плотности молока осуществляли по СТ РК 1483-2005;
 – сыры рассольные. Технические условия ГОСТ-33959-2016.

Показатели молока в образцах проводили с помощью ультразвукового анализатора ЭКОМИЛК Бонд (ECOMILK TOTAL).

Выход белковых продуктов из образцов молока и комбинированных смесей определяли по формуле (1):

$$V_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{г.пр}}}{M_{\text{с}}} \times 100\%, \quad (1)$$

где – $V_{\text{пр}}$ – выход продукта, %;
 – $M_{\text{г.пр.}}$ – масса готового продукта, г.;
 – $M_{\text{с}}$ – масса исходного сырья, г.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе выполнения научно-исследовательской работы исследованы образцы молока-сырья коровьего, козьего и смеси комбинированного коровьего и козьего молока. Результаты исследований физико-химических и органолептических представлены в таблице 1. Были подготовлены следующие образцы: 1 – сырое коровье молоко, 2 – соотношение коровьего и козьего молока 50/50, 3 – сырое козье молоко.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические свойства испытуемых образцов

№	Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Цвет	Белый	Бледно-желтый	Желтоватый оттенок
2	Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку
3	Консистенция и внешний вид	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка
4	Массовая доля жира, %	3,86±0,1%	4,48±0,05	5,00±0,1%
5	Массовая доля белка, %	2,75±0,3	2,98±0,3	3,19±0,3
6	Плотность, кг/м³	1,29±0,5кг/м3	1,3±0.5кг/м3	1,3±0.5кг/м3
7	Титруемая кислотность, °Т	16±1,5°Т	17±1,5°Т	18±1,5°Т
9	Лактоза, %	5,01 ± 0,2%	4,34 ± 0,2%	4,06 ± 0,2%
10	Кислотность, рН	6,7± 0,05	6,76± 0.05	6,61± 0,05
11	Точка заморозания, °С	55,1± 0,01°С	54,3± 0,01°С	56,3± 0,01°С
12	Температура пробы, °С	25±0,5°С	23±0,5°С	24±0,5°С

Температура для проведения анализов варьировалась от 23°С до 25°С. Как видно из данных, представленных в таблице 1 по органолептическим данным смесь коровьего и козьего молока, в большей степени был похож на образец козьего молока. за счет смешивания молоко приобрело от белого до бледно-желтого оттенка. Массовая доля жира в смеси коровьего и козьего молока наблюдается 4,48% содержание жира, что существенно больше, чем в коровьем (3,86%), но меньше чем в образце 3 (5,0%). В козьем молоке жировые шарики мельче жировых шариков коровьего молока благодаря чему жир козьего молока легче всасывается стенками кишечника и быстрее усваивается организмом [11]. Наряду с этим и повышается заметно процентное содержание белков, что будет свидетельствовать повышению выхода сыра (рис. 1). Содержание лактозы в образце 2 составило 4,34%, тогда как в образце 1-5,01%, а в образце 3-4,06%. Все образцы представляют собой однородную непрозрачную жидкость, без осадка, сгустков и загрязнения. При больших объемах

производства присутствующие в молоке специфические привкусы могут быть исправлены путем проведения деаэрации.

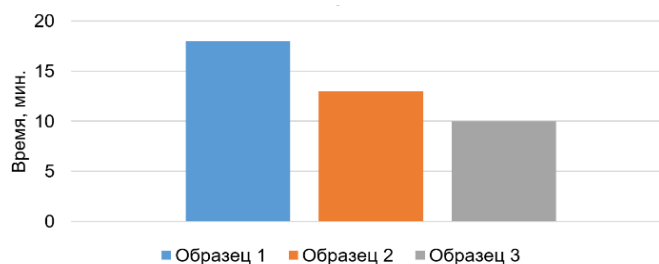


Рисунок 1 – Начало времени свертывания:

1– на основе коровьего молока; 2 –на основе соотношения коровьего и козьего молока 1:1;
3 – на основе козьего молока

С целью изучения технологических свойств образцов был проведен ряд экспериментальных выработок сыров полученных по традиционной технологии рассольных сыров на основе образцов 1,2 и 3 из таблицы 1. Образцы были пронумерованы так: образец 1-сыр из коровьего молока, 2- сыр из смеси соотношения коровьего и козьего молока 1:1 и 3-сыр из козьего молока. Для начала хотелось бы отметить, что коагуляция в козьем молоке происходит почти в 2 раза быстрее, по сравнению в коровьем молоке. Это объясняется тем, что в козьем молоке содержание каппа казеина содержится в малом количестве, за счет это и уменьшается время на денатурацию белка.

Как видно из рисунка 1 козье молоко (образец 3) начало коагулироваться на 10 минуте, смесь коровьего и козьего молока (образец 2) на 13 минуте, а коровье молоко (образец 1) на 18 минуте. Эти данные важны для получения сыров, так как при увеличении времени на коагуляции больше, чем нужно можно получить плотный и жесткий сгусток, что существенно отразится на консистенции сыра. Далее был выработаны сыры органолептические и физико-химические показатели которых показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические и физико-химические свойства испытуемых образцов сыров

№	Наименование показателей	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Вкус и запах	Выраженный сырный, в меру соленый	Чистый, свойственный козьему молоку, умеренно кисломолочный	Чистый, свойственный козьему молоку, сливочный
2	Консистенция	Однородная, умеренно плотное	Тесто умеренно плотное	Однородная, слегка нежная
3	Цвет	Белый	Слабо желтый	Желтоватый
4	Рисунок	Небольшое количество глазков неправильной формы по всей массе	Небольшое количество глазков неправильной формы по всей массе	Небольшое количество глазков неправильной формы по всей массе
5	Внешний вид	Наружный слой уплотненный, поверхность сыра ровная, слегка шероховатая	Наружный слой уплотненный, поверхность сыра ровная, слегка шероховатая	Наружный слой уплотненный, поверхность сыра ровная, слегка шероховатая
6	Массовая доля жира в сухом веществе, %	40±2%	43±2%	45±2%
7	Массовая доля влаги, %	54±0,5%	53±0,5%	50±0,5%
8	Массовая доля поваренной соли, %	1,5%	1,5%	1,5%
9	Активная кислотность, ед pH	5,3	5,3	5,4

Как видно из таблицы 2 все образцы сыров имели небольшое количество глазков неправильной формы по всей массе и наружный слой уплотненный, поверхность сыра ровная, слегка шероховатая. Образцы имели цвет от белого до желтоватого, что свидетельствовало разницей массовой долей жира в образцах, тогда как в образце 1 составило $40\pm 2\%$, в образце 2 – $43\pm 2\%$ и в образце 3 – $45\pm 2\%$. Данные испытуемых сыров указывает на то, что образец 2 приближен к сырам из козьего молока.

Далее был рассчитан выход сыра с/без смеси. Данные представлены в рисунке 1.

На рисунке 2 показан выход сыра, рассчитанный по формуле 1, где показатели выхода сыра образца 1 составил 11%, тогда как образец 2 показал данные 12,5% и образец 3 (из козьего молока) занял лидирующую позицию 14%.

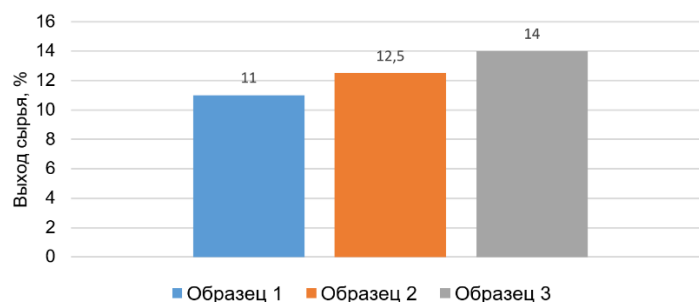


Рисунок 2 – Выход сыра:

1 – на основе коровьего молока, 2 – на основе соотношения коровьего и козьего молока 1:1, 3 – на основе козьего молока

Заключение

В результате проведения научно-исследовательской работы были пришли к следующим выводам:

1. Исследованы органолептические и физико-химические свойства сырья для разработки рецептуры нового вида рассольного сыра из комбинированного коровьего и козьего молока Жамбылской области, Жуалинского района, села Б.Момышулы;
2. Определены различия времени свертывания козьего молока, коровьего молока и смеси коровьего и козьего в соотношении 1:1;
3. Отработан и откорректирован технологический процесс производства рассольного сыра на примере опытных образцов в лаборатории молочного цеха, изучены органолептические и физико-химические свойства;
4. На примере испытуемых образцов был рассчитан выход сыра;
5. Полученные результаты исследования позволяют лучше понять влияние использование смеси молока на время образования молочного сгустка и могут быть использованы при разработке новых технологий производства сыров из козьего молока;
6. Использование козьего молока как основного, так и как дополнительного сырья молочным предприятиям принесет дополнительный доход и способствует увеличению ассортимента продукции с повышенным содержанием полезных свойств, что может привести к открытию молочных заводов по переработке козьего молока в Жамбылской области.

Список литературы

1. Utilization of two plant polysaccharides to improve fresh goat milk cheese: Texture, rheological properties, and microstructure characterization / W. Wang et al // Journal of Dairy Science. – 2023. – Т. 106, № 6. – Р. 3900-3917.
2. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // Dairy. – 2022. – Т. 3, № 3. – Р. 622-647.
3. Новые технологии сыров из козьего молока / О.А. Суюнчев и др. // Сельскохозяйственный журнал. – 2007. – Т. 2, № 2-2. – С. 73-75.
4. Тощев В.К. Козоводство: учебное пособие для вузов / В.К. Тощев, Е.В. Царегородцева. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 360 с.
5. Вобликова Т.В. Разработка альтернативных вариантов биотехнологии сыров из козьего молока: дис. к.т.н.: 05.18.07 / Вобликова Татьяна Владимировна; СевКавГТУ; науч. рук. А.Г. Храмов, О.А. Суюнчев. – Ставрополь, 2007.

6. Данные Комитета статистики МНЭ РК. [Электронный ресурс] URL: Бюро национальной статистики (stat.gov.kz). Дата обращения: 07.10.2024 г.
7. В Жамбылской области работают 208 производств по переработке с/х продукции – 26.03.2016 / Strategy2050.kz – Обзорно-аналитический портал Казахстана. [Электронный ресурс] URL: <https://strategy2050.kz/ru/news/33428/>. Дата обращения: 09.10.2024 г.
8. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // Dairy. – 2022. – Т. 3, № 3. – С. 622-647.
9. Alimardanova M. Comparative characteristics of goat milk products in farms of Akmola and North Kazakhstan regions / M. Alimardanova, A. Shunekeyeva // Slovak Journal of Food Sciences. – 2022. – Т. 16.
10. Investigation of the Effect of Technological Processing on the Quality of Goat's Milk Cheese / A. Matibayeva et al // Current Research in Nutrition and Food Science Journal. – 2022. – Т. 10, № 1. – P. 213-220.
11. Gallier S. Whole goat milk as a source of fat and milk fat globule membrane in infant formula / S. Gallier, L. Tolenaars, C. Prosser // Nutrients. – 2020. – Т. 12, № 11. – P. 3486.

References

1. Utilization of two plant polysaccharides to improve fresh goat milk cheese: Texture, rheological properties, and microstructure characterization / W. Wang et al // Journal of Dairy Science. – 2023. – Т. 106, № 6. – R. 3900-3917. (In English).
2. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // Dairy. – 2022. – Т. 3, № 3. – R. 622-647. (In English).
3. Novye tekhnologii syrov iz koz'ego moloka / O.A. Suyunchev i dr. // Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. – 2007. – Т. 2, № 2-2. – S. 73-75. (In Russian).
4. Toshchev V.K. Kozovodstvo: uchebnoe posobie dlya vuzov / V.K. Toshchev, E.V. Tsaregorodtseva. – Moskva: Izdatel'stvo Yurait, 2021. – 360 s. (In Russian).
5. Voblikova T.V. Razrabotka al'ternativnykh variantov biotekhnologii syrov iz koz'ego moloka: dis. k.t.n.: 05.18.07 / Voblikova Tat'yana Vladimirovna; SeVkaVGTU; nauch. ruk. A.G. Khramtsov, O.A. Suyunchev. – Stavropol', 2007. (In Russian).
6. Dannye Komiteta statistiki MNEH RK. [Elektronnyi resurs] URL: Byuro natsional'noi statistiki (stat.gov.kz). Data obrashcheniya: 07.10.2024 g. (In Russian).
7. V Zhambylskoi oblasti rabotayut 208 proizvodstv po pererabotke s/kh produktsii – 26.03.2016 / Strategy2050.kz – Obzorno-analiticheskii portal Kazakhstana. [Elektronnyi resurs] URL: <https://strategy2050.kz/ru/news/33428/>. Data obrashcheniya: 09.10.2024 g. (In Russian).
8. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // Dairy. – 2022. – Т. 3, № 3. – S. 622-647. (In English).
9. Alimardanova M. Comparative characteristics of goat milk products in farms of Akmola and North Kazakhstan regions / M. Alimardanova, A. Shunekeyeva // Slovak Journal of Food Sciences. – 2022. – Т. 16. (In English).
10. Investigation of the Effect of Technological Processing on the Quality of Goat's Milk Cheese / A. Matibayeva et al // Current Research in Nutrition and Food Science Journal. – 2022. – Т. 10, № 1. – R. 213-220. (In English).
11. Gallier S. Whole goat milk as a source of fat and milk fat globule membrane in infant formula / S. Gallier, L. Tolenaars, C. Prosser // Nutrients. – 2020. – Т. 12, № 11. – R. 3486. (In English).

А.Е. Абдугамитова^{1*}, А.Д. Серикбаева², С.З. Матеева³, Б.М. Исаков¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даң., 62

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы 8

³М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті,
080000, Қазақстан Республикасы, Тараз, Сүлейменов к., 7

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

**ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖАНУАРЛАРЫ СҮТІНІҢ ҚОСПАСЫНАН
ЖАСАЛЫҒАН ІРІМШІКТІҢ ЗЕРТТЕУЛЕРІ**

Мақалада Жамбыл облысы, Жуалы ауданы, Б.Момышұлы ауылындағы ешкі сүті жайлы мәліметтер келтірілген. Бұл мақалада ешкі мен сиыр сүтінің физика-химиялық және органолептикалық қасиеттері, сондай-ақ тұзды ірімшіктерді өндіру үшін олардың 1:1 қатынасындағы комбинациясы зерттелген. Зерттеу барысында үш үлгі зерттелді: сиыр сүті, сиыр мен ешкі сүтінің қоспасы және ешкі сүті. Нәтижелер сүт қоспасының сиыр сүтімен (3,86%) салыстырғанда майы жоғары (4,48%) және ешкі сүтінен (5,0%) төмен екенін көрсетті. Ешкі сүтінің коагуляциясы екі есе тез жүретінін ескеру маңызды, бұл каппа казеинінің аздығымен байланысты. Нәтижесінде бұл сүт қоспасы сиыр сүтінен (11%) ірімшікпен салыстырғанда ірімшіктің (12,5%) көп шығымдылығына қол жеткізді, бірақ ешкі сүтінен (14%) аз.

Ірімшік өндірісінің технологиялық процесі өнімнің органолептикалық өнімділігін жақсартуға мүмкіндік беретін сүт қоспасына бейімделді. Ешкі сүті ірімшіктің дәмі мен консистенциясына айтарлықтай әсер етіп, оған кремді дәм мен нәзік консистенция беретіні анықталды. Бұл деректер Қазақстанның сүт өнеркәсібінде сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейту және аса құнарлы ірімшіктер жасау үшін пайдаланылуы мүмкін. Зерттеулер «Ақ Алтын» сиыр сүтін өңдеу жөніндегі сүт кәсіпорнының зертханасында жүргізілді.

Түйін сөздер: ешкі сүті, сиыр сүті, физика-химиялық сипаттамалар, аралас сүттен жасалған ірімшік, қалыптау, жұмсақ ірімшік, мейек, ұйытқы, технология.

A.Y. Abdugamitova^{1*}, A.D. Serikbayeva², S.Z. Mateeva³, B.M. Iskakov¹

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
010011, Kazakhstan, Astana, Zhenis Ave., 62

²Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Kazakhstan, Almaty, Abai Ave., 8

³M.Kh. Dulaty Taraz State University,
080000, Kazakhstan, Taraz, Suleymenov st., 7

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

RESEARCH OF CHEESE FROM THE COMBINATION OF MILK OF FARM ANIMALS OF ZHAMBYL REGION

The article presents data on the state of goat milk in the village of B. Momyshuly in Zhualin district of Zhambyl region. In this article physicochemical and organoleptic properties of goat and cow milk, as well as their combination in the ratio of 1:1 for the production of brine cheeses were studied. Three samples were studied in the research process: cow's milk, a mixture of cow's and goat's milk, and goat's milk. The results obtained showed that the milk mixture had higher fat content (4.48%) compared to cow's milk (3.86%) and lower than that of goat's milk (5.0%). It is important to note that coagulation of goat milk is almost twice as fast due to the low kappa-casein content. This milk mixture resulted in a higher cheese yield (12.5%) compared to cheese from cow's milk (11%), but lower than that from goat's milk (14%).

The technological process of cheese production was adapted for a mixture of milk, which allowed to improve the organoleptic characteristics of the product. It was found that goat milk significantly affects the flavor and consistency of cheese, giving it a creamy flavor and delicate consistency. These data can be used in the dairy industry of Kazakhstan to expand the range of dairy products and create more nutritious cheeses. The research was conducted in the laboratory of the dairy enterprise for processing cow's milk «Ақ Алтын».

Key words: goat's milk, cow's milk, physical-chemical characteristics, cheeses from combined milk, molding, soft cheeses, enzyme, starter culture, technology.

Сведения об авторах

Алтынай Едигеқызы Абдугамитова* – докторант кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – д.б.н., профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Сулушаш Зиятбековна Матеева – к.х.н., ассоциированный профессор кафедры «Химии и химической технологии»; Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати; e-mail: cz.mateeva@dulaty.kz.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Авторлар туралы мәліметтер

Алтынай Едігеқызы Абдугамитова* – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – б.ғ.д., «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Сулушаш Зиятбековна Матеева – х.ғ.к., «Химия және химиялық технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті; e-mail: cz.mateeva@dulaty.kz.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Information about the authors

Altynai Yedigekyzy Abdugamitova* – doctoral student of the department of «Technology of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Asiya Demeukhanovna Serikbayeva – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of «Technology and Safety of Food Products»; Kazakh National Agrarian Research University; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Sulushash Ziyatbekovna Mateeva – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of «Chemistry and Chemical Technology»; Taraz State University named after M.H. Dulati; e-mail: cz.mateeva@dulaty.kz.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov – PhD, lecturer of department «Technologies of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Поступила в редакцию 17.10.2024

Поступила после доработки 23.10.2024

Принята к публикации 24.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-23](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-23)

МРНТИ: 65.35.01



А.А. Аблаева¹, Е.А. Петренко^{2,3}, Д.А. Тлевлессова^{2,3}, Ж.С. Набиева², Б.М. Хамитова¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова,
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

²Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе Би, 100

³Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой
промышленности,

050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр.Гагарина, 238 Г

*e-mail: tlevlessova@gmail.com

ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ СИТУАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАТОНЧИКОВ

Аннотация. Современное развитие науки о питании направило вектор исследований в сторону создания пищевых продуктов функционального и специализированного назначения. Ритм жизни человека в последние годы также набирает темп, вследствие чего нарушается режим питания, уменьшается количество и качество приемов пищи. На основании чего возникает потребность в создании сбалансированных питательных снеков, дополнительно обогащенных витаминами и минералами. Снеки – готовый продукт, не требующих проведения дополнительных манипуляций перед употреблением. Разработка снеков с высоким содержанием основных макро- и микронутриентов позволит значительно улучшить качество питания населения, обеспечить поступление в организм клетчатки, антиоксидантов и витаминов в простой форме. В данном обзоре рассматриваются последние исследования в области

исследования растительного сырья, разработки рецептур и технологий производства снеков с повышенным нутриентным составом.

Для расширения ассортимента на рынке продуктов питания в Республике Казахстан изделиями на основе рецептур национальной кухни, в рамках обзорного исследования изучен химический состав и физические свойства блюда «Талкан», изготавливаемого в преобладающем большинстве из злаковых и зерновых культур, с точки зрения применения его в качестве основы для производства снеков.

Ключевые слова: энергетический батончик, снек, нутриентный состав, талкан, традиционный продукт.

Введение

Неправильный рацион питания, потребление высококалорийной пищи, сидячий образ жизни, психоэмоциональные потрясения являются основными факторами возникновения ожирения и подростков и взрослых людей. Фастфуд, переедание, заедание стресса пищей вызывает пищевые расстройства, ухудшает общее состояние и оказывает значительное влияние на здоровье. Одним из факторов возникновения ожирения является наличие большого количества перекусов в рационе питания, в основу которых входят сладкая и жирная пища. Установлено, что подростки и взрослые, страдающие ожирением, ведут малоподвижный образ жизни и предпочитают в качестве перекусов высококалорийные продукты с низким содержанием питательных веществ. в противовес, подростки и взрослые, ведущие активны образ жизни, предпочитают в качестве перекусов низкокалорийные, питательные, полезные продукты. В последнее время широкую популярность обрели питательные батончики, за счет повышенного содержание полезных веществ в составе и удобстве потребления [1, 2].

Энергетический батончик как продукт питания появился на рынке более 20 лет назад, с этого времени спрос на питательные и практичные в употреблении снеки постоянно растет. Благодаря высокому содержанию макро- и микронутриентов, энергетические батончики стали популярным изделием в мировой торговле в качестве продукта для быстрого перекуса. В качестве сырья для производства батончиков применяется ряд продуктов: злаковые культуры, орехи, сублимированные фрукты и ягоды, кофе, какао и продукты на его основе и т.д. Разнообразие используемого сырья и большое количество комбинаций в рецептурах позволяют создать широкий ряд высококачественных батончиков с отличными органолептическими показателями [3, 4].

Вне зависимости от исходного набора сырья, химический состав готового продукта должен удовлетворять потребности организма в белках, жирах, углеводах как один из приемов пищи (Перекус). Энергетические батончики обеспечивают организм энергией в большей степени за счет входящих в состав углеводов. Для сохранения качественных характеристик сырья и минимизации потерь питательных веществ немаловажным критерием является технология производства снеков. Технологические процессы должны обеспечивать сохранение и улучшение органолептических показателей качества готового продукта, создание необходимой текстуры, плотности и других физических характеристик [5].

Вследствие чего в современной пищевой промышленности существует спрос на объединение и систематизацию результатов исследований в мировой практике по поиску оптимальной рецептуры и технологии производства энергетических батончиков. В данном обзоре собраны основные разработки в области изучения энергетических батончиков за последние десять лет.

Материалы и методы

Материал, представленный в данном обзоре, был создан на основе исследования результатов источников научных трудов. Преимущественно были изучены работы, включенные в базы Scopus и Web of Science.

Аналізу были подвержены актуальные литературные труды, опубликованные за последние 10 лет.

Поиск материалов осуществлялся по следующим ключевым словам: «candy bar», «energy bars», «nutritional value», «fruit bar», «Functional food», «талкан», «Millet», «Snack bars».

Общее количество идентифицированных материалов составило около 4000. Отбор статей для обзора осуществлялся на основе названия и аннотации. Отобранные исследования были подвержены глубокому анализу. В рамках исследования были изучены результаты 63 исследований.

Результаты

Для создания рецептуры снековых батончиков в качестве основного сырья используются продукты растительного происхождения, в основном злаковые культуры и орехи. Зерна и семена растений, подвергающихся минимальной термической обработке, обладают высоким содержанием клетчатки, витаминов, простых и сложных сахаров. Так в качестве основного растительного сырья применялись - пшеница, рис, кукуруза, овес и ячмень, обжаренные орехи, арахис, миндаль, фисташки, кокосовая стружка и т.д. По результатам исследования установлено – добавление кокосовой стружки повышает содержание клетчатки (8,07%). Снеки на основе арахиса имеют высокую энергетическую ценность (386,96 Ккал), обусловленную входящими в состав ореха нутриентами. Исследование подтвердило, что все батончики, дополнительно обогащенные финиками и сухофруктами, обладают хорошей органолептической и питательной ценностью, содержат большое количество углеводов, белков, жиров, пищевых волокон и минералов. На основании чего можно сделать вывод о широком разнообразии возможностей применения злаковых культур и орехов в качестве базовых ингредиентов при производстве батончиков с повышенной пищевой ценностью и сбалансированным составом [6].

Одним из направлений исследований в пищевой промышленности является разработка рецептур с применением альтернативного и нетрадиционного сырья. Так, в качестве основы для производства питательных батончиков, помимо традиционных злаков, может быть применено просо. В рамках исследования были созданы 4 рецептуры печенья и питательных батончиков с различным содержанием муки из проса – 0% (контрольный образец, 25%, 75% и 100%). По результатам органолептического анализа установлено, что высокое содержание муки из проса способствует ухудшению вкусовых качеств, усилению горького привкуса продукта и неприятного послевкусия, что оказывает негативные последствия при попытке введения данного продукта в производство. Однако просо является продуктом с высоким содержанием кальция (0,38%), белка (6-13%), пищевых волокон (18%), углеводов (65-75%), минеральных веществ (2,5-3,5%), фитатов (0,48%), дубильных веществ (0,61%), фенольных соединений (0,3-3%) и факторов, ингибирующих трипсин [7]. Его польза для здоровья включает противодиабетические, противоопухолевые, противодиазные, противоязвенные, противовоспалительные, атеросклерогенные, антиоксидантные, противомикробные свойства, а также в профилактике COVID» [8]. Данное исследование остается открытым, исследователями предложено проведение дальнейших исследований в поиске оптимальной рецептуры снековых батончиков – регулирование количества муки из проса, введение фруктовых компонентов, натуральных ароматизаторов, пищевых добавок для улучшения вкусовых качеств продукта [9].

Разработка рецептуры инновационного пищевого продукта обязана базироваться не только на нутриентном составе или полезных свойствах применяемого сырья, но и на исследовании привлекательности и приемлемости продукции у целевой аудитории. Так, в исследовании 2019 года были оценены факторы выбора и восприятия, которые конкретный ингредиент или информация об энергетическом содержании, отображаемая на этикетке злаковых батончиков, вызывает у различных групп потребителей. Данное исследование проводилось в виде опроса, в котором приняли участие женщины и мужчины в возрасте от 18 до 50 лет. Участников разделили на группы по возрасту и наличию физических нагрузок в повседневной жизни в виде тренировок. Опрос был основан на оценке важности удобства потребления, насыщения продуктом, количества белка в составе, калорийности, а также на оценке предпочтений о включении дополнительных вкусовых компонентов. Для этого участникам эксперимента были предложены изображения четырех батончиков «С фруктами», «С шоколадом», «С высоким содержанием белка» и «С низкой калорийностью». По результатам исследования установлено, что включение фруктового компонента в состав злаковых батончиков не вызывает особого интереса среди мужчин, однако для некоторых женщин включение фруктов является важным фактором при выборе продукта. Шоколад и низкое содержание калорий были выдающимися факторами интереса, на одинаковых

уровнях для обеих групп. Высокое содержание белка вызвало большой интерес среди всех групп участников эксперимента, однако наиболее значимым он оказался для людей, занимающихся спортом и для мужчин. Выводом данного исследования служит предположение, что информация, отображенная на этикетке, и различия в составе продукта могут в значительной мере оказать влияние на привлекательность злакового батончика [10].

Повышенное содержание белка и жирных кислот в злаковых батончиках может быть достигнуто включением в состав питательного перекуса высокобелковых продуктов питания. Темпе – это питательный ферментированный белковый продукт, приготовленный из соевых бобов и обычно употребляемый в Юго-Восточной Азии, особенно в Индонезии и Малайзии [11]. Ферментация очищенных и отваренных до полуготовности соевых бобов производится в основном при помощи грибковой культуры *Rhizopus oligosporus* в течение суток при температуре около 30°C [12]. в рамках эксперимента темпе был подвержен сублимационной сушке и измельчен до порошкообразного состояния. Образцы злаковых батончиков с содержанием муки из темпе в количестве 10, 15 и 20% были подвержены химическому анализу с целью определения нутриентного состава. По результатам установлено увеличение массовой доли белка, также определен качественный липидный состав – высокое содержание полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Изофлавоны сои обладающие более высокой активностью обнаружены в составе темпе, нежели в сырых бобах, что соответственно оказало влияние на химический состав батончиков. Изофлавоны сои обладают высокой антиоксидантную, химиопрофилактическую, противовоспалительную, противоаллергическую и антибактериальную активностью [13]. По результатам органолептического анализа наиболее приемлемым оказался образец с содержанием муки из темпе равным 15%. Общий вывод по результатам исследования свидетельствует о том, что применение муки из темпе в качестве ингредиента при производстве злаковых батончиков способствует улучшению нутриентного состава продукта и позволяет улучшить химические и функциональные характеристики [14].

Фруктовые компоненты в составе энергетических батончиков способствуют расширению ассортимента и создания снеков с улучшенными вкусовыми качествами и нутриентным составом. В одном из исследований было установлено, что добавление в рецептуру снеков на основе овсяных хлопьев семян чиа и мякоти манго оказало положительное влияние на вкусовое и ароматическое восприятие продукта. Добавление в рецептуру семян чиа увеличивает в готовом продукте содержание антиоксидантов, водорастворимых пищевых волокон, фитохимических веществ, пектина, белков, жирных кислот омега-3 и омега-6. Манго в данной продукте выступает в качестве источника аскорбиновой кислоты, каротиноидов и фенольных соединений. По результатам данного исследования установлено, что обогащение батончиков дополнительными растительными компонентами способно оказать положительное влияние на химический состав готового продукта – при комбинации сырья возможно повысить содержание целевых макро- и микронутриентов [15].

Помимо мякоти в последние года в научном пространстве появилась тенденция разработки рецептур с включением вторичного сырья и безотходных технологий производства пищевых продуктов. Так, при создании рецептуры злакового батончика, в исследовании 2016 года, с целью обогащения состава применялась мука из кожуры ананаса. Помимо контрольного образца, были изготовлены три экспериментальных образца, включающих 3, 6 и 9% муки из кожуры ананаса. Включение муки корки ананаса менее 6% не оказало влияние на вкусовые характеристики продукта, однако по результатам химического анализа установлено увеличение содержания клетчатки во всех образцах злаковых батончиков. В результате, наиболее приемлемым по органолептическим и физико-химическим показателям является добавление муки из кожуры ананаса до 6% от общей массы продукта. Применение вторичного сырья при производстве продуктов питания позволяет получить новые виды продукции, расширить ассортимент. Использование муки из корки ананаса способствует сокращению количества пищевых отходов, которые при неправильной утилизации могут нанести ущерб окружающей среде [16].

Аналогичным образом в 2018 году было проведено исследование по разработке рецептур батончиков с добавлением фруктовых компонентов. Преимуществом данной технологии является использование вторичных отходов пищевой промышленности, таких как семена, жмых, кожура и т.д., для обогащения разрабатываемых продуктов. Использование

пищевых отходов в рецептуре новых продуктов повышает питательную ценность и помогает снизить негативное воздействие на окружающую среду. В рамках данного исследования из пищевых отходов от переработки плодов карамболы и альбедо маракуйи была изготовлена мука, используемая в последствии для производства снеков. Результаты исследования указывают на возможность применения пищевых отходов от плодов карамболы и маракуйи как альтернативного источника питательных веществ в энергетических батончиках [17].

Однако для Республики Казахстан манго, семена чиа, карамбола и маракуйя являются экзотическими, импортными и труднодоступными продуктами. Вкусовые характеристики импортного сырья могут оказаться непривычными и специфическими для потребителя. В промышленное производство страны более рентабельным является введение технологии производства продуктов на основе местного, традиционного сырья.

Более привычными для казахстанского потребителя являются продукты, используемые в рамках исследования 2017 года, проводимого в Бельгии – груши, яблоки, финики. В ходе исследования сделан вывод, что применение дополнительных фруктовых компонентов оказывают влияние не только на химический состав готового продукта, но и на сенсорные характеристики, такие как внешний вид и текстура. Для потребителя восприятие продукта начинается с оценки общего вида продукта. В ряде исследований сенсорные показатели снеков являются ограничивающим фактором применения фруктовых компонентов в рецептуре изделий. Так, в рамках исследования по производству энергетических батончиков с добавлением волокон грушевого, яблочного и финикового сырья не было отмечено значительное различие в показателях упругости, твердости, связанности и жевательности контрольного и экспериментальных образцов (батончики с добавлением груши). Однако по оценкам органолептического анализа установлено, что внешний вид продуктов является ограничивающим фактором при использовании яблочного, грушевого и финикового сырья. Оптимальным является введение не более 10% фруктовых компонентов, что также ограничивает применение ряда продуктов в создании технологии энергетических снеков [18].

Создание функциональных снеков с использованием традиционного местного сырья можно рассматривать как отражение метода, способствующего развитию инновационного предпринимательства в регионе. Таким образом, разработка функциональных закусок является не только ответом на потребительский спрос на здоровую пищу, но и компонентом более широкой инновационной стратегии, направленной на стимулирование местного экономического роста посредством создания новых продуктов [19, 20].

Разработка полезной закуски на основе местного сырья с применением традиционных технологий позволит установить прочную связь между здоровьем, инновационным подходом и традициями народа Казахстана. Создание рецептуры снека создаст перспективные направления как для пищевой промышленности в целом, так и для региональных кухни нашей страны в частности.

В 2021 году казахстанские ученые занимались разработкой питательных батончиков на основе традиционного и нетрадиционного сырья. По результатам исследования были созданы молочно-фруктовые и молочно-овощные снеки. Особенностью данного исследования является включение в рецептуру сухого кобыльего и верблюжьего молока. В качестве основы в рецептурах снеков применялись активированный пористый овес измельченный и активированная пористая гречка измельченная. Фруктовые и овощные компоненты продуктов представлены персиковым, яблочным, тыквенным, облепиховым пюре, пюре перца болгарского, миндалем, сухофруктами и т.д. По результатам химического анализа, в составе экспериментальных образцов установлено высокое содержание полисахаридов, пищевых волокон, макро и микроэлементов, витаминов. разработанные снековые батончики обладают высоким содержанием лакто- и бифидобактерий, оказывающих благоприятное воздействие на микрофлору, снижающих риск токсических отравлений и улучшающих работу пищеварительного тракта. Пектин и пищевые волокна, входящие в состав фруктово-овощных компонентов, оказывают благоприятное влияние на перистальтику кишечника обеспечивают детоксицирующее действие, обогащают продукты витаминным комплексом. Ученые предлагают внедрение разработанных снеков в пищевой рацион спортсменов, альпинистов, летчиков военной и гражданской авиации, космонавтов, а также при чрезвычайных ситуациях различным половозрастными категориями населения. Помимо этого, новизна продуктов связана с добавлением нетрадиционного сухого и

кобыльего молока, что несомненно делает продукт более традиционным для народа Республики Казахстан [21].

В пищевой промышленности в последние годы прослеживается тенденция возвращения к корням и создание симбиоза между инновационными технологиями и традиционными старинными рецептурами. Одним из традиционных продуктов на растительной основе является «Талкан».

Талкан – натуральный пищевой концентрат, на основе которого изготавливаются многие национальные казахские блюда. Талкан представляет собой муку крупного помола, изготовленную из крупы [22].

На сегодняшний день талкан производят из различных круп, на его основе готовят национальные и современные блюда. Так, ученые из Республики Башкортостан занимались изучением химического состава талкана, изготовленного из пророщенного овса, и технологии производства печенья на его основе. Установлено высокое содержание таких водорастворимых витаминов, как аскорбиновая кислота – 20,6 мг/кг, никотинамид – 95,1 мг/кг, тиамин – 12,6 мг/кг, никотиновая кислота – 19,0 мг/кг и жирорастворимых витаминов ретинола – 3,20 мг/кг, эргокальциферола – 7,70 мг/кг, холекальциферола – 8,30 мг/кг и токоферола – 10,00 мг/кг. Талкан из пророщенного овса способен удовлетворить от 30 до 100% суточной потребности в некоторых витаминах. Использование талкана при производстве продуктов питания повысит содержание витаминов в последних, что доказано в ходе данного эксперимента [23].

Растительный концентрат применяется также при производстве первых, вторых блюд. Другая группа ученых из Республики Башкортостан провела оценку качества мясного блюда «Купаты из индейки», изготовленного с добавлением талкана. Для обогащения мясного блюда был использован пшеничный талкан в количествах 2,5%, 5% и 7,5% от массы сырья. По результатам исследования химического состава и влагоудерживающей способности мясного фарша установлено, что оптимальным является добавление талкана массой 5% от массы сырья. Также улучшаются функционально-технологические свойства [24].

Ранее был подвержен изучению вопрос рентабельности создания пищевого концентрата «Талкан» с использованием вторичного сырья отечественного производства. В качестве дополнительного сырья предлагалось применение семян плодов дыни. По результатам исследования современной ситуации в сельском хозяйстве, а именно производстве бахчевых культур, и данных о химическом составе семян дыни была установлена рентабельность разработки технологии пищевого концентрата «Талкан», обогащенного дополнительным растительным сырьем [25].

В соответствии с результатами исследований отечественных и зарубежных ученых, продукт «Талкан» находит широкое применение в изготовлении первых и вторых блюд, производстве продуктов питания. Соответственно традиционный «Талкан» может быть использован в качестве основы при производстве энергетических снеков.

Заключение

Энергетические батончики – это продукт на натуральной растительной основе, с небольшим содержанием жиров, высоким содержанием углеводов и клетчатки. Данный вид снеков относится к здоровой пище, способной помочь сбалансировать рацион питания и увеличить его общую калорийность. Комбинации зерновых, злаковых культур, орехов позволяют создать сбалансированный пищевой продукт. Применение в качестве основы продукта «Талкан» позволяет создать не только инновационный, но и в некотором смысле традиционный продукт питания. Обогащение продукта натуральными добавками, такими как сублимированные фрукты и ягоды, повышает не только содержание клетчатки, но и содержание витаминов, минералов и водорастворимых антиоксидантов, улучшают текстуру продукта.

Изучение возможности создания энергетического батончика на основе традиционной технологии производства продукта «Талкан» требует дополнительных исследований.

Список литературы

1. Emotion-driven impulsiveness and snack food consumption of European adolescents: Results from the I.Family study / J.M.J. Coumans et al // *Appetite*. – 2018. – Vol. 123. – P. 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.018>.

2. Bellisle F. Meals and snacking, diet quality and energy balance / F. Bellisle // *Physiol Behav.* – 2014. – Vol. 134. – P. 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.010>.
3. Mineral content analysis of polyherbal energy bar using X-ray fluorescence technique / M. Chitkara et al // *Pharmacognosy Journal.* – 2019. № 11(1). – P. 53-56. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2019.1.10>.
4. Dharshini S.S. Millet Bars-Healthier Alternative to Cereal Bars: A Review / S.S. Dharshini, M. Meera // *Agricultural Reviews.* – 2023. № 44(2). – P. 155-163. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2229>.
5. Standardized and development of different types of energy bars / P. Tiwari et al // *International Journal of Home Science.* – 2017. – № 3(1). – P. 370-372. <https://www.homesciencejournal.com/archives/2017/vol3issue1/PartF/3-1-81.pdf>.
6. Preparation and Nutritional Evaluation of Date Based Fiber Enriched Fruit Bars / B. Shaheen et al // *Pakistan Journal of Nutrition.* – 2013. – № 12. – P. 1061-1065. <https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2013.1061.1065>.
7. Review of Finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn): A power house of health benefiting nutrients / D. Chandra et al // *Food Science and Human Wellness.* – 2016. – № 5. – P. 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.05.004>.
8. Millets as smart future food with essential phytonutrients for promoting health / S. Saleem et al // *Journal of Food Composition and Analysis.* – 2023. – Vol. 124. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105669>.
9. Assessment of Important Sensory Attributes of Millet Based Snacks and Biscuits / M.B. McSweeney et al // *Journal of Food Science.* – 2016. – № 81. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13281>.
10. Evaluation of Some Ingredients and Energy Content on Front-of-Pack Cereal Bar Labeling as Drivers of Choice and Perception of Healthiness: A Case Study with Exercisers / N.A. Salazar et al // *Journal of Food Science.* – 2019. – № 84. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14726>.
11. A review on health benefits and processing of tempeh with outlines on its functional microbes / S.Q. Teoh et al // *Future Foods.* – 2024. – № 9. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100330>.
12. Темпе [Электронный ресурс]. – Википедия. – URL: Темпе — Википедия (wikipedia.org). (дата обращения: 23.05.2024).
13. Potential therapeutic interventions of plant-derived isoflavones against acute lung injury / A. Saied et al // *International Immunopharmacology.* – 2021. – № 101. – P. 108-204. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.108204>.
14. Cereal bars functionalised with tempeh: nutritional composition, isoflavone content and consumer acceptance / P.F. De Melo et al // *International Journal of Food Science Technology.* – 2020. – № 55. – P. 397-405.
15. Neha M.Y. Preparation and evaluation of mango oat bar fortified with chia seeds / M.Y. Neha, J. Dhanya // *International Journal of Science and Research Archive* – 2023. – № 8(1). – P. 972-978.
16. Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill) / K. Aparecida Damasceno et al // *Journal of Food Quality.* – 2016. – № 39. – P. 417-424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>.
17. Technological Use of Flour Obtained from the Byproducts of Passion Fruit Albedo and the Residue of the Extraction of the Star Fruit Juice in the Formulation of Cereal Bars / J. Bordim et al // *Orbital: Electron. J. Chem.* – 2018. – № 10. – P. 211-217.
18. Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars / B. Bchir et al // *Food Science and Technology International* – 2018. – № 24(3). – P. 198-208.
19. Assessment of nutritional quality of non-conventional millet malt enriched bar / S. Nupur et al // *Journal of Food Processing and Preservation.* – 2022. – № 46. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17271>.
20. Ajita T. Effect of Nitrogen Gas Enriched Packing on Quality and Storage Life of Pearl Millet Based Fried Snack / T. Ajita, S.K. Jha // *Journal of Biosystems Engineering [Internet].* – 2017. – Vol. 1, № 42(1). <https://doi.org/10.5307/JBE.2017.42.1.062>.
21. Development of functional purpose snacks / Yu.A. Sinyavsky et al // *The Journal of Almaty Technological University.* – 2021. – № 3. – P. 47-52. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-3-47-52>.
22. Талкан [Электронный ресурс]. – Википедия. – URL: Талкан — Википедия (wikipedia.org). (дата обращения: 17.04.2024).

23. Применение биологически активного сырья республики башкортостан в рецептуре мучных кондитерских изделий / А.А. Черненко и др. // Вестник бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. – 2018. – № 4(53). – С. 160-166.
24. Черников Е.Н. Оценка качества купат из мяса индейки с добавлением пшеничного / Е.Н. Черников, А.А. Черненко, О.Ю. Калужина // Всё о мясе. – 2020. – С. 395-398.
25. Карабай А.Б. Исследование рентабельности производства пищевого концентрата с использованием семян дыни / А.Б. Карабай, Д.А. Тлевлесова, Е.А. Петренко // Продукты питания: производство, безопасность, качество: Матер. Междунар. конф.; Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа, 2023. – С. 62-65.

References

1. Emotion-driven impulsiveness and snack food consumption of European adolescents: Results from the I.Family study / J.M.J. Coumans et al // *Appetite*. – 2018. – Vol. 123. – R. 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.018>. (In English).
2. Bellisle F. Meals and snacking, diet quality and energy balance / F. Bellisle // *Physiol Behav*. – 2014. – Vol. 134. – R. 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.010>. (In English).
3. Mineral content analysis of polyherbal energy bar using X-ray fluorescence technique / M. Chitkara et al // *Pharmacognosy Journal*. – 2019. № 11(1). – R. 53-56. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2019.1.10>. (In English).
4. Dharshini S.S. Millet Bars-Healthier Alternative to Cereal Bars: A Review / S.S. Dharshini, M. Meera // *Agricultural Reviews*. – 2023. № 44(2). – R. 155-163. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2229>. (In English).
5. Standardized and development of different types of energy bars / P. Tiwari et al // *International Journal of Home Science*. – 2017. – № 3(1). – R. 370-372. <https://www.homesciencejournal.com/archives/2017/vol3issue1/PartF/3-1-81.pdf>. (In English).
6. Preparation and Nutritional Evaluation of Date Based Fiber Enriched Fruit Bars / B. Shaheen et al // *Pakistan Journal of Nutrition*. – 2013. – № 12. – R. 1061-1065. <https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2013.1061.1065>. (In English).
7. Review of Finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn): A power house of health benefiting nutrients / D. Chandra et al // *Food Science and Human Wellness*. – 2016. – № 5. – R. 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.05.004>. (In English).
8. Millets as smart future food with essential phytonutrients for promoting health / S. Saleem et al // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2023. – Vol. 124. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105669>. (In English).
9. Assessment of Important Sensory Attributes of Millet Based Snacks and Biscuits / M.B. McSweeney et al // *Journal of Food Science*. – 2016. – № 81. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13281>. (In English).
10. Evaluation of Some Ingredients and Energy Content on Front-of-Pack Cereal Bar Labeling as Drivers of Choice and Perception of Healthiness: A Case Study with Exercisers / N.A. Salazar et al // *Journal of Food Science*. – 2019. – № 84. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14726>. (In English).
11. A review on health benefits and processing of tempeh with outlines on its functional microbes / S.Q. Teoh et al // *Future Foods*. – 2024. – № 9. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100330>. (In English).
12. Tempe [Ehlektronnyi resurs]. – Vikipediya. – URL: Tempe — Vikipediya (wikipedia.org). (data obrashcheniya: 23.05.2024). (In Russian).
13. Potential therapeutic interventions of plant-derived isoflavones against acute lung injury / A. Saied et al // *International Immunopharmacology*. – 2021. – № 101. – P. 108-204. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.108204>. (In English).
14. Cereal bars functionalised with tempeh: nutritional composition, isoflavone content and consumer acceptance / P.F. De Melo et al // *International Journal of Food Science Technology*. – 2020. – № 55. – R. 397-405. (In English).
15. Neha M.Y. Preparation and evaluation of mango oat bar fortified with chia seeds / M.Y. Neha, J. Dhanya // *International Journal of Science and Research Archive* – 2023. – № 8(1). – R. 972-978. (In English).
16. Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill) / K. Aparecida Damasceno et al // *Journal of Food Quality*. – 2016. – № 39. – R. 417-424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>. (In English).

17. Technological Use of Flour Obtained from the Byproducts of Passion Fruit Albedo and the Residue of the Extraction of the Star Fruit Juice in the Formulation of Cereal Bars / J. Bordim et al // Orbital: Electron. J. Chem. – 2018. – № 10. – R. 211-217. (In English).
18. Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars / B. Bchir et al // Food Science and Technology International – 2018. – № 24(3). – R.198-208. (In English).
19. Assessment of nutritional quality of non-conventional millet malt enriched bar / S. Nupur et al // Journal of Food Processing and Preservation. – 2022. – № 46. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17271>. (In English).
20. Ajita T. Effect of Nitrogen Gas Enriched Packing on Quality and Storage Life of Pearl Millet Based Fried Snack / T. Ajita, S.K. Jha // Journal of Biosystems Engineering [Internet]. –2017. – Vol. 1, № 42(1). <https://doi.org/10.5307/JBE.2017.42.1.062>. (In English).
21. Development of functional purpose snacks / Yu.A. Sinyavsky et al // The Journal of Almaty Technological University. – 2021. – № 3. – R. 47-52. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-3-47-52>. (In English).
22. Talkan [Elektronnyi resurs]. – Vikipediya. – URL: Talkan — Vikipediya (wikipedia.org). (data obrashcheniya: 17.04.2024). (In Russian).
23. Primenenie biologicheskii aktivnogo syr'ya respubliki bashkortostan v retsepture muchnykh konditerskikh izdelii / A.A. Chernenkova i dr. // Vestnik buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V.R. Filippova. – 2018. – № 4(53). – S. 160-166. (In Russian).
24. Chernenkov E.N. Otsenka kachestva kupat iz myasa indeiki s dobavleniem pshenichnogo / E.N. Chernenkov, A.A. Chernenkova, O.YU. Kaluzhina // Vse o myase. – 2020. – S. 395-398. (In Russian).
25. Karabai A.B. Issledovanie rentabel'nosti proizvodstva pishchevogo kontsentrata s ispol'zovaniem semyan dyni / A.B. Karabai, D.A. Tlevlesova, E.A. Petrenko // Produkty pitaniya: proizvodstvo, bezopasnost', kachestvo: Mater. Mezhdunar. konf.; Bashkirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Ufa, 2023. – S. 62-65. (In Russian).

А.А. Аблаева¹, Е.А. Петренко², Д.А. Тілевлесова^{2,3*}, Ж.С. Набиева², Б.М. Хамитова¹

¹М. Әуезов атындағы оңтүстік қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5

²Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле Би к-сі, 100

³Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты
050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Гагарин даңғылы, 238 ж

*e-mail: tlevlessova@gmail.com

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ БАРЛАР ӨНДІРІСІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ

Тамақтану ғылымының заманауи дамуы зерттеу векторын Функционалды және мамандандырылған мақсаттағы тамақ өнімдерін жасауға бағыттады. Соңғы жылдары адам өмірінің ритағы да қарқын алуда, нәтижесінде тамақтану режимі бұзылады, тамақ мөлшері мен сапасы төмендейді. Соның негізінде витаминдер мен минералдармен қосымша байытылған теңдестірілген қоректік тағамдар жасау қажеттілігі туындайды. Тағамдар-қолданар алдында қосымша манипуляцияларды қажет етпейтін дайын өнім.

Негізгі макро- және микроэлементтері жоғары тағамдардың дамуы халықтың тамақтану сапасын едәуір жақсартады, ағзаға қарапайым түрде талшықтар, антиоксиданттар мен дәрумендердің түсуін қамтамасыз етеді. Бұл шолуда өсімдік шикізатын зерттеу, тағамдық құрамы жоғары тағамдар өндірісінің рецептуралары мен технологияларын әзірлеу саласындағы соңғы зерттеулер қарастырылады.

Қазақстан Республикасындағы азық-түлік нарығындағы ассортиментті ұлттық тағамдардың рецептуралары негізінде өнімдермен кеңейту үшін шолу зерттеуі шеңберінде дәнді және дәнді дақылдардың басым көпшілігінде дайындалған "талқан" тағамының химиялық құрамы мен физикалық қасиеттері оны тағамдар өндірісі үшін негіз ретінде қолдану тұрғысынан зерделенді.

Түйін сөздер: энергетикалық бар, тағамдар, қоректік құрамы, талқан, дәстүрлі өнім.

AN OVERVIEW OF THE CURRENT SITUATION IN THE PRODUCTION OF ENERGY BARS

The modern development of nutrition science has directed the vector of research towards the creation of functional and specialized food products. The rhythm of human life has also been gaining pace in recent years, as a result of which the diet is disrupted, the number and quality of meals decreases. Based on this, there is a need to create balanced nutritious snacks, additionally enriched with vitamins and minerals. Snacks are a finished product that does not require additional manipulations before use. The development of snacks with a high content of basic macro- and micronutrients will significantly improve the quality of nutrition of the population, ensure the intake of fiber, antioxidants and vitamins in a simple form. This review examines the latest research in the field of research on plant raw materials, the development of formulations and technologies for the production of snacks with increased nutrient composition.

In order to expand the range of products on the food market in the Republic of Kazakhstan based on recipes of national cuisine, the chemical composition and physical properties of the dish "Talkan", made in the prevailing majority from cereals and cereals, were studied in terms of its use as a basis for the production of snacks.

Key words: energy bar, snack, nutrient composition, talkan, traditional product.

Сведения об авторах

Айжан Алшынбековна Аблаева – PhD докторант, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: Ayzhanablayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1777-4001>.

Елена Александровна Петренко – магистрант кафедры «Технология продуктов питания»; АО «Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: 2.petrenko.elena.1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1252-6216>.

Динара Абаевна Тлевлессова* – PhD, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности; e-mail: tlevlessova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

Жанар Серикболовна Набиева – ассоциированный профессор, PhD, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Барно Махаматовна Хамитова – кандидат технических наук, ассоц. профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айжан Алшынбекқызы Аблаева – М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ өнеркәсібі жоғары мектебінің PhD докторанты, Шымкент, Қазақстан; e-mail: Ayzhanablayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1777-4001>.

Елена Александровна Петренко – тамақ өнімдерінің технологиясы кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: 2.petrenko.elena.1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1252-6216>.

Динара Абайқызы Тлевлессова* – PhD докторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты; e-mail: tlevlessova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>.

Жанар Серикболовна Набиева – қауымдастырылған профессор, PhD, Алматы технологиялық университеті, Тамақ қауіпсіздігін ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Барно Махаматовна Хамитова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент. М.О. Әуезов атындағы ҚМУ, ш. 203 ғимарат; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Information about the authors

Aizhan Alshynbekovna Ablaeva – PhD doctoral student, Higher School of Textile and Food Engineering, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: Ayzhanablayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1777-4001>.

Elena Aleksandrovna Petrenko – master's student of the Department of Food Technology; JSC Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: 2.petrenko.elena.1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1252-6216>.

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>.

Zhanar Serikbolovna Nabiyeva – associate professor, PhD, Almaty Technological University, Research Institute of Food Safety, Almaty, Kazakhstan; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Barno Makhamatovna Khamitova – candidate of technical sciences, associate professor. YKU named after M.O.Auezov, ch. building 203, e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Поступила в редакцию 19.08.2024

Поступила после доработки 24.09.2024

Принята к публикации 07.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-24](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-24)

МРНТИ: 65.63.39



**Ш.Т. Кырыкбаева^{1*}, Ж. Калибекқызы², О.В. Иващенко¹, Ж.Т. Букабаева¹,
А.М. Шарипханова¹**

¹Alikhan Bokeikhan University,

071411, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Мәңгілік Ел 11

²Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А

*e-mail: kyrykbaeva.shynar@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯГКОГО РАССОЛЬНОГО СЫРА С РАСТИТЕЛЬНЫМ КОМПОНЕНТАМ

Аннотация: В работе исследуются структурно-механические свойства сыров, которые определяют их текстуру, консистенцию и вкусовые характеристики. Оцениваются параметры, такие как твердость, эластичность, вязкость, и их зависимость от химического состава, технологии производства и условий хранения. Эти данные имеют практическую ценность для оптимизации производства сыров и улучшения их качества. Приведены результаты исследований структурно-механических свойств сыров с применением оригинального прибора (Реопласт) по авторской методике. Метод одноосного сжатия позволяет оценить как твердость сырной массы, так и её пластические свойства, характеризующиеся релаксацией напряжения. Нами было проведено исследование пределы прочностные и релаксационные характеристика мягкого рассольного сыра с растительным компонентом и контрольный образец мягкого рассольного сыра без добавки. Принцип работы прибора заключается в измерении силы, с которой предварительно сжатый образец сыра воздействует на индентор. Цилиндрический образец сыра диаметром 10 мм и высотой 10 мм подвергается 99-кратному сжатию с постоянной скоростью до 30% от первоначальной высоты, что соответствует высоте 6,67 мм. В процессе сжатия в сыре происходят процессы релаксации напряжений, которые фиксируются измерительной системой прибора.

Ключевые слова: свертывание молока, индентор, зондирование, экстракт хмеля, динамика свертывания.

Введение

Стремительно растущий спрос на высококачественные сыры европейского типа стимулирует казахстанских производителей к внедрению инновационных технологий. Опираясь на опыт зарубежных коллег, местные предприятия активно исследуют новые биологические компоненты и ферментные препараты, а также осваивают современное оборудование. В результате этих усилий на рынке появляются новые виды сыров, среди которых востребованными считаются твердые и полутвердые, отвечающие высоким международным стандартам [1]. Сыр можно рассматривать как комплексный индикатор социально-экономического развития Казахстана [2].

Особое внимание уделяется разработке объективных методов оценки качества сырной продукции. Традиционные органолептические методы, которые показывают, например такой показатель, как консистенция сыра, основанные на субъективной оценке, постепенно уступают место инструментальным [3-6]. Применение дефометра позволяет объективно оценить твердость сырной массы и ее способность к деформации. Параллельно, реологический анализ, проведенный с использованием реометра, предоставит детальную информацию о ее структурных свойствах и способности восстанавливать исходную форму после деформации. Этот комплексный подход открывает новые горизонты для оптимизации технологических процессов производства сыра, обеспечивая высокую точность контроля качества. Например, методика, предложенная сибирскими учеными, позволяет изучить твердость и релаксацию сырной массы за счет фиксации усилий при сжатии сыра в определенном глубинном диапазоне между двумя плоскими площадками, лежащими параллельно друг относительно друга [7-11].

Структурно-механические свойства сыра – это комплекс физических характеристик, влияющих на его текстуру, консистенцию и механическую прочность. Эти свойства зависят от множества факторов, включая вид молока, используемые закваски, ферментацию, условия созревания и другие технологические процессы. Основные структурно-механические свойства сыра влияют на восприятие сыра потребителем.

Условия и методы исследования

Определение свертывания молока

Динамику коагуляции молока изучали реологическим методом с использованием прибора «Реопласт» (рис. 1), согласно методике Сибирского НИИ сыроделия ФАНЦА.

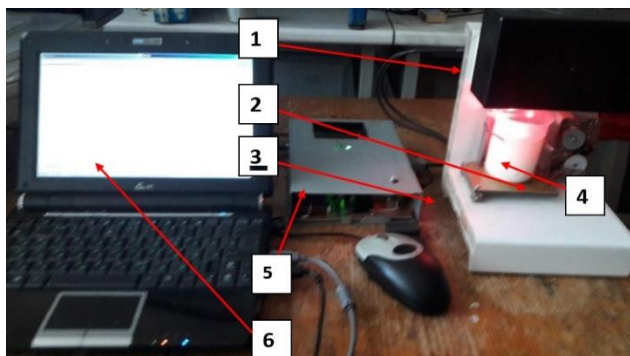


Рисунок 1 – Прибор для измерения динамики свертывания молока «Реопласт»

(1 – измерительное устройство, 2 – механическая система качания стаканчика,
3 – подвижная рамка прибора, 4 – на которую закрепляется образец с молоком,
5 – блок управления, 6 – подключенный кабелем к компьютеру)

Исследование динамики свертывания молока проводили сравнительным методом. Образцы молока, объемом 50 мл каждый, с добавлением и без добавления экстракта хмеля, нагревали до 35°C и инициировали процесс коагуляции казеина молока путем добавления сычужного фермента. Ферментированное молоко переливали в термостатируемые цилиндрические сосуды ($V=100\text{мл.}$). Эти сосуды монтировались на подвижную часть установки для последующих измерений. С помощью оптического датчика каждые 20 секунд фиксировалось изменение угла преломления луча, отраженного от поверхности молока. Полученные данные в режиме реального времени передавались на компьютер для последующего анализа и построения графика кинетики коагуляции.

Процесс измерения заключался в зондировании исследуемого образца плоским индентором. Индентор прибора, погруженный в молоко, периодически перемещался из верхнего положения в нижнее на расстояние 3,0 мм. В нижнем положении индентор оставался в неподвижном состоянии в течение 15 секунд, после чего возвращался в исходное положение. Через заданный промежуток времени процесс зондирования повторялся. Все данные измерений (время, глубина погружения индентора и усилие на инденторе) сохранялись в протоколе измерений в памяти микропроцессора прибора и транслировались в подключенный компьютер. По результатам измерений строились графики в электронной таблице «Excel» (рис. 2).

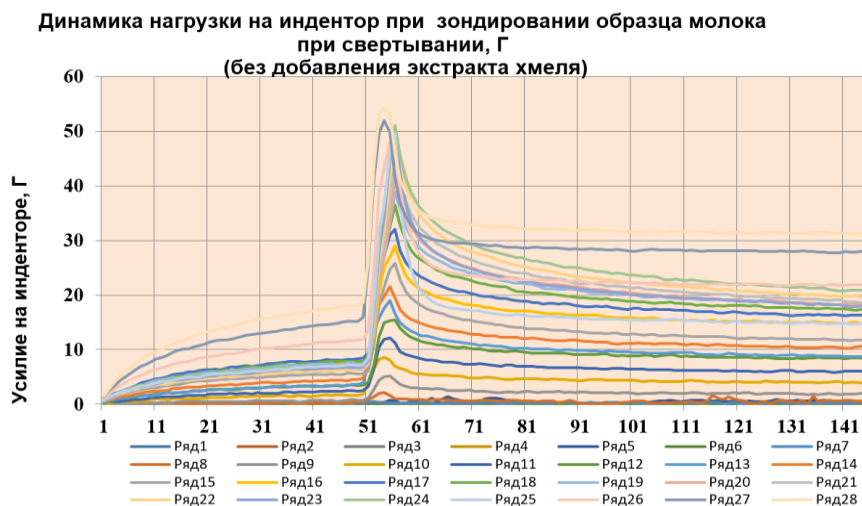


Рисунок 2 – Динамика изменения нагрузки на индентор при зондировании процесса свертывания молока (без добавления экстракта хмеля)

Периодичность зондирования составляла в данном случае $(21,23 \pm 0,02)$ с. Из них $(4,45 \pm 0,02)$ секунды индентор перемещался вниз, затем оставался в неподвижном состоянии в течение $(8,29 \pm 0,02)$ с. В течение всего процесса измерений, проводилось 144 измерения показателей с периодичностью $(0,088 \pm 0,02)$ с. Между циклами измерений время составляло $(8,56 \pm 0,02)$ с.

Результаты исследований

Первый опыт проводили с молоком без добавления экстракта хмеля.

Из графика (рис. 3) видно, что вначале усилие на инденторе практически отсутствует. По мере свертывания молока усилие на инденторе при его погружении возрастает и, к концу свертывания, оно достигает максимальных значений. Это соответствует левой части графика. После остановки индентора в нижнем положении происходит процесс релаксации напряжений в молоке и усилие на инденторе снижается.

Максимальные значения усилия на инденторе в процессе свертывания молока приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Динамика изменения максимальной нагрузки на индентор в процессе свертывания молока без добавления экстракта хмеля

Продолжительность опыта составляла 600 секунд (10 минут). Максимальная величина усилия на инденторе была достигнута на 510 секунде с момента внесения фермента.

Начало свертывания соответствовало 148 секунде с момента внесения фермента. Максимальное значение усилия на инденторе в конце свертывания составило $(51,09 \pm 0,02)$ Г.

Второй опыт проводили на таком же образце молока с добавлением экстракта хмеля. Первичные результаты измерений приведены на рисунке 4.

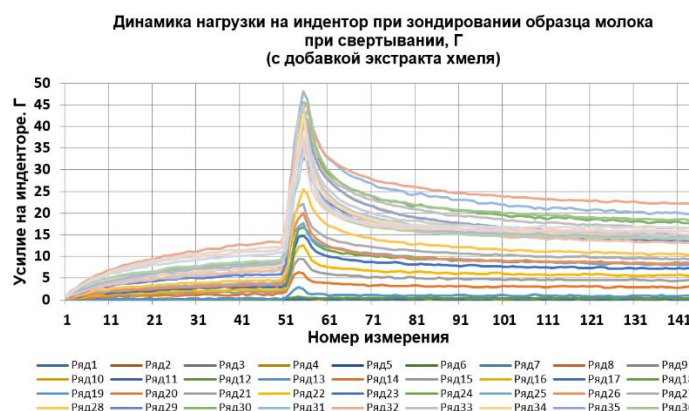


Рисунок 4 – Динамика изменения нагрузки на индентор при зондировании процесса свертывания молока (с добавкой экстракта хмеля)

Режимы зондирования такие же, как в ранее описанном варианте опыта.

Максимальные значения усилия на инденторе в процессе свертывания молока (с добавлением экстракта хмеля) приведены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Динамика изменения максимальной нагрузки на индентор в процессе свертывания молока без добавления экстракта хмеля

Обсуждение научных результатов

Продолжительность опыта составляла 680 секунд (11,3 минуты). Максимальная величина усилия на инденторе была достигнута на 658 секунде с момента внесения фермента. Начало свертывания соответствовало 382 секунде с момента внесения фермента.

Внесение экстракта хмеля увеличило продолжительность времени до начала свертывания молока на 234 секунды ($382 - 148 = 234$). Общая продолжительность процесса свертывания увеличилась на 148 секунд. ($658 - 510 = 148$).

Максимальное значение усилия на инденторе составило 48,13 Г, что на 2,96 Г меньше, чем в первом случае ($51,09 - 48,13 = 2,96$).

Заключение

В целом, добавление экстракта хмеля незначительно влияло на процесс свертывания. Отклонения от контрольного образца, полученного без добавления экстракта хмеля, не вносили серьезных изменений в технологию выработки сыра. Они были вызваны добавлением некоторого количества воды, содержащейся в экстракте, что можно устранить корректировкой состава экстракта, увеличив массовую долю сухих веществ в нем. Следует отметить, что указанные факторы позволили получить более нежную консистенцию готового сыра, что было отмечено при проведении дегустации сыра.

Список литературы

1. Макашев А. Сырная доля [Электронный ресурс]. – 2014. URL: <http://expertonline.kz/a12719/> (дата обращения: 21.05.2014).
2. Туганова Б.С. Современное состояние сыродельной отрасли Казахстана [Электронный ресурс]. – 2016. URL: <http://dereksiz.org> (дата обращения: 29.02.2016).
3. Малкин А.Я. Реология: концепции, методы, приложения: автор из. пер. с англ. яз. / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. – СПб.: Профессия, 2010. – 557 с.
4. Гудков А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – М.: Де Ли принт, 2003. – 800 с.
5. Майоров А.А. Современные приборы контроля за процессом свертывания молока / А.А. Майоров, О.Н. Мусина // Сыроделие и маслоделие. – 2023. – № 1. – С. 31-33. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2023-1-31-33>.
6. Технология и оборудование для производства натурального сыра/ И.И. Раманаускас и др. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 508 с.
7. Туганова Б.С. Современное состояние сыродельной отрасли Казахстана [Электронный ресурс]. – 2016. URL: <http://dereksiz.org> (дата обращения: 29.02.2016).
8. Майоров А.А. Инструментально-методическое обеспечение оценки реологических свойств сыров / А.А. Майоров, О.Н. Мусина, В.А. Логинов/ Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – 2024.
9. Мусина О.Н. Влияние коллагена на структуро-механические характеристики плавленого сыра / Мусина О.Н., Нагорных Е.М. // Ползуновский вестник. – 2023. – № 2. – С. 111-112.
10. Гришкова А.В. Технологические свойства препаратов сычужного фермента / А.В. Гришкова, А.Ю. Просеков, А.Д. Коваль / Сыроделие и маслоделие. – 2023. – № 4. – С. 56-60.
11. Исследование реологических свойств сыра типа халлуми / З.В. Капшакбаева и др. // Междун. научно-практич. конф., посвященная памяти В.М. Горбатова. – 2018. – № 1. – С. 99-102.

References

1. Makashev A. Syrnaya dolya [Ehlektronnyi resurs]. – 2014. URL: <http://expertonline.kz/a12719/> (data obrashcheniya: 21.05.2014). (In Russian).
2. Tuganova B.S. Sovremennoe sostoyanie syrodel'noi otrasli Kazakhstana [Ehlektronnyi resurs]. – 2016. URL: <http://dereksiz.org> (data obrashcheniya: 29.02.2016). (In Russian).
3. Malkin A.YA. Reologiya: kontseptsii, metody, prilozheniya: avtor iz. per. s angl. yaz. / A.YA. Malkin, A.I. Isaev. – SPb.: Professiya, 2010. – 557 s. (In Russian).
4. Gudkov A.V. Syrodelie: tekhnologicheskie, biologicheskie i fiziko-khimicheskie aspekty / A.V. Gudkov. – M.: De Li print, 2003. – 800 s. (In Russian).
5. Maiorov A.A. Sovremennye pribory kontrolya za protsessom svertyvaniya moloka / A.A. Maiorov, O.N. Musina // Syrodelie i maslodelie. – 2023. – № 1. – S. 31-33. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2023-1-31-33>. (In Russian).
6. Tekhnologiya i oborudovanie dlya proizvodstva natural'nogo syra/ I.I. Ramanauskas i dr. – 6-e izd., ster. – Sankt-Peterburg: Lan', 2023. – 508 s. (In Russian).
7. Tuganova B.S. Sovremennoe sostoyanie syrodel'noi otrasli Kazakhstana [Ehlektronnyi resurs]. – 2016. URL: <http://dereksiz.org> (data obrashcheniya: 29.02.2016). (In Russian).
8. Maiorov A.A. Instrumental'no-metodicheskoe obespechenie otsenki reologicheskikh svoistv syrov / A.A. Maiorov, O.N. Musina, V.A. Loginov/ Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoi produktsii. – 2024. (In Russian).
9. Musina O.N. Vliyanie kollagena na strukturo-mekhanicheskie kharakteristiki plavlenogo syra / Musina O.N., Nagornyykh E.M. // Polzunovskii vestnik. – 2023. – № 2. – S. 111-112. (In Russian).
10. Grishkova A.V. Tekhnologicheskie svoistva preparatov sychuzhnogo fermenta / A.V. Grishkova, A.YU. Prosekov, A.D. Koval' / Syrodelie i maslodelie. – 2023. – № 4. – S. 56-60. (In Russian).
11. Issledovanie reologicheskikh svoistv syra tipa khallumi / Z.V. Kapshakbaeva i dr. // Mezhdun. nauchno-praktich. konf., posvyashchennaya pamyati V.M. Gorbatova. – 2018. – № 1. – S. 99-102. (In Russian).

Ш.Т. Қырықбаева[†], Ж.Қалибекқызы², О.В. Иващенко¹, Ж.Т. Букабаева¹,
А.М. Шарипханова¹

¹Alikhan Bokeikhan University,
071411, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Мәңгілік Ел 11

²Шәкәрім атындағы университеті,
071411, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к., 20 А
*e-mail: kyrykbaeva.shynar@mail.ru

ӨСІМДІК КОМПОНЕНТТЕРІ БАР ЖҰМСАҚ ТҰЗДЫ ІРІМШІКТІҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада ірімшіктердің құрылымын, консистенциясын және дәмдік сипаттамаларын анықтайтын құрылымдық-механикалық қасиеттері зерттеледі, яғни қаттылық, серпімділік, тұтқырлық сияқты параметрлер және олардың химиялық құрамға, өндіріс технологиясына және сақтау жағдайларына тәуелділігі бағаланады. Зерттеу арнайы авторлық әдістеме бойынша түпнұсқа аспапты (Реопласт) қолдана отырып, ірімшіктердің құрылымдық-механикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бір осьті қысу әдісі ірімшік массасының қаттылығын да, кернеудің релаксациясымен сипатталатын пластикалық қасиеттерді де бағалауға мүмкіндік береді. Жұмсақ, қатты және жартылай қатты ірімшіктердің беріктігі мен релаксация сипаттамалары зерттелді. Құрылғының жұмысының мәні алдын-ала сығылған ірімшік үлгісінің индентаторға әсер ету күшін өлшеу болып табылады. Бұл жағдайда диаметрі 10 мм және биіктігі 10 мм болатын ірімшіктің цилиндрлік үлгісі 99 тұрақты жылдамдықпен 30% - ға, яғни 6,67 мм биіктікке дейін қысылады, сонымен қатар, ірімшікте кернеудің релаксация процестері жүреді, олар құрылғының өлшеу жүйесімен бекітіледі. Құрылғы механикалық жүйесі бар өлшеу құрылғысынан және деректерді тіркеу үшін компьютерге кабель арқылы қосылған басқару блогынан тұрады, СГ-50 ферменті препаратынан жасалған жұмсақ тұзды ірімшіктің реологиялық қасиеттері зерттелді

Түйін сөздер: сүтті коагуляциялау, индентатор, зондтау, құлмақ сығындысы, коагуляция динамикасы.

С.Т. Кырыкбаева[†], Z. Kalibekkyzy², O.V. Ivachshenko¹, Sh.T. Bukabayeva¹,
A.M. Sharipkhanova¹

¹Alikhan Bokeikhan University,
071411, Kazakhstan, Semey, 11 Mangylyk el street. 11

²University named after Shakarim of Semey city,
071411, Kazakhstan, Semey, Glinka str. 20 A

INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SOFT BRINE CHEESE WITH VEGETABLE COMPONENTS

The paper examines the structural and mechanical properties of cheeses, which determine their texture, consistency and taste characteristics. Parameters such as hardness, elasticity, viscosity, and their dependence on chemical composition, production technology, and storage conditions are evaluated. The results of studies of the structural and mechanical properties of cheeses using an original device (Rheoplast) according to the author's methodology are presented. The uniaxial compression technique makes it possible to evaluate both the hardness of the cheese mass and the plastic properties characterized by stress relaxation. The strength and relaxation characteristics of soft, hard and semi-hard cheeses have been studied. The essence of the device is to measure the impact force of a pre-compressed cheese sample on the indenter. In this case, a cylindrical cheese sample with a diameter of 10mm and a height of 10 mm is subjected to 99 compression at a constant fixed speed by 30%, i.e. up to a height of 6.67 mm. At the same time, stress relaxation processes occur in the cheese, which are recorded by the measuring system of the device. The device consists of a measuring device with a mechanical system and a control unit connected by cable to a computer for data recording, the rheological properties of soft brine cheese produced from the enzyme preparation rennet enzyme brand SG-50 were studied

Key words: milk coagulation, indenter, probing, hop extract, coagulation dynamics.

Сведения об авторах

Шынар Турарбековна Кырыкбаева* – Alikhan Bokeikhan University, г. Семей, Казахстан; e-mail: kyrykbaeva.shynar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7622-3978>.

Жанар Калибекқызы – Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Ольга Владимировна Иващенко – Alikhan Bokeikhan University, г. Семей, Казахстан; e-mail: oly-bai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6688-2024>.

Жанылхан Тусупжановна Букабаева – Alikhan Bokeikhan University, г. Семей, Казахстан; e-mail: zhanilxan79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1461-5407>.

Айым Мейрамхановна Шарипханова – Alikhan Bokeikhan University, г. Семей, Казахстан; e-mail: aiym.shariphanova@gmail.com.

Information about the authors

Shynar Kyrykbaeva* – Alikhan Bokeikhan University, Semey city, Kazakhstan; e-mail: kyrykbaeva.shynar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7622-3978>.

Zhanar Kalibekkyzy – University named after Shakarim of Semey city, Kazakhstan; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Olya Ivachshenko – Alikhan Bokeikhan University Semey city, Kazakhstan; e-mail: oly-bai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6688-2024>.

Zhanylhan Bukabayeva – Alikhan Bokeikhan University Semey city, Kazakhstan; e-mail: zhanilxan79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1461-5407>.

Ayym Sharipkhanova – Alikhan Bokeikhan University Semey city, Kazakhstan; e-mail: aiym.shariphanova@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Шынар Тұрарбекқызы Қырықбаева* – Alikhan Bokeikhan University, Семей қ, Қазақстан; e-mail: kyrykbaeva.shynar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7622-3978>.

Жанар Қалибекқызы – Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Ольга Владимировна Иващенко – Alikhan Bokeikhan University, Семей қ, Қазақстан; e-mail: oly-bai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6688-2024>.

Жанылхан Тусупжановна Букабаева – Alikhan Bokeikhan University, Семей қ, Қазақстан; e-mail: zhanilxan79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1461-5407>.

Айым Мейрамхановна Шарипханова – Alikhan Bokeikhan University, Семей қ, Қазақстан; e-mail: aiym.shariphanova@gmail.com.

Поступила в редакцию 21.08.2024

Поступила после доработки 20.09.2024

Принята к публикации 11.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-25](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-25)

MPHTI: 65.63.37



Ф.Х. Смольникова[†], Г.К. Наурзбаева¹, М.Б. Ребезов², Э.К. Окусханова¹, Б.М. Кулуштаева¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН,

109316, Российская Федерация, г. Москва, ул. Талалихина, 26

*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Аннотация: Производство низкокалорийных видов сливочного масла ежегодно растёт. Снижение насыщенных жиров в сливочном масле способствует снижению риска заболеваний, таких как атеросклероз, ожирение, диабет. Немаловажным фактором при производстве сливочного масла является его пищевая безопасность. В данной статье приводятся исследования пищевой безопасности кисломолочного несоленого масла с растительными жирами на соответствие требованиям технического регламента.

Для проведения исследования использовались стандартные методы. С этой целью в сливочном масле были определены микробиологические показатели, радионуклиды, токсичные элементы, пестициды, антибиотики. Полученные показатели были сравнены с контрольным образцом (масло кисломолочное несоленое «Бутербродное») и нормами Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013). Результаты исследований показали, что контрольный

образец и кисломолочное несоленое масло с растительными жирами соответствует требованиям технического регламента. Микробиологические показатели позволили установить, что в опытном образце показатель КМАФНМ составил $3,44 \times 10^8$, что превышало контрольный образец ($2,05 \times 10^7$), это говорит о высокой биологической ценности продукта и высоком содержании пробиотических культур, в то же время требования технического регламента не нормирует данный показатель для кисломолочных сортов масла. В контрольном образце также были обнаружены дрожжи, так как они содержатся в кисломолочной закваске «Эм – Курунга», используемой в производстве кисломолочного несоленого масла с растительными жирами. Остальные показатели, такие, как радионуклиды, микотоксины, антибиотики, токсичные элементы, пестициды не превышали требований технического регламента. Готовый продукт безопасен и может быть реализован для потребителей.

Ключевые слова: сливочное масло, радионуклиды, микробиологические показатели, токсичные элементы, пестициды, пищевая безопасность, микотоксины, дрожжи.

Снижение содержания насыщенных жирных кислот и холестерина в масле может помочь снизить риск заболеваний, связанных с употреблением масла. Кроме того, включение пробиотиков или натуральных растительных экстрактов может достичь питательных функций, таких как балансировка кишечной флоры, улучшение усвоения питательных веществ и повышение антиоксидантной способности организма. Новые продукты питания с использованием растительных масел, удовлетворяют спрос потребителей на низкокалорийное масло, снижают воздействие на окружающую среду [1].

Данное направление широко используется исследователями, в связи с чем были разработаны различные виды низкокалорийных видов сливочного масла.

Топниковой Е.В. было разработано сливочное масло жирностью 55%, изготовленное с добавлением сухого обезжиренного молока; масло той же жирности с добавлением стабилизаторов на основе гуаровой и ксантановой камедей и эмульгаторов на основе моно- и диглицеридов жирных кислот; масляные пасты жирностью 45% с аналогичными добавками, используемыми для повышения стабильности процесса образования масла и улучшения текстуры [2].

Для снижения калорийности сливочного масла добавлялась сушеная абрикосовая мякоть. Различные концентрации сушеной абрикосовой мякоти (DAP) были добавлены к маслу на уровнях 0%, 15%, 20% и 25%. Добавление DAP значительно увеличило общее содержание фенолов (TPC), улучшило активность по улавливанию DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила) и увеличило общую антиоксидантную ёмкость (TAC) во время хранения. Эксперты присвоили более высокие сенсорные баллы маслам, обогащённым DAP. Эти обогащённые масла показали более низкое содержание жира (в диапазоне от 65,25 до 65,50%) по сравнению с контрольным маслом (73,75%) [3].

Масла, обогащённые фитостеролами, характеризовались высокими сенсорными показателями. Добавление фитостеролов в масло может осуществляться на разных этапах технологического процесса. С точки зрения безопасности, целесообразно добавлять фитостеролы до процесса пастеризации. Полученное масло считается функциональным продуктом с потенциальным воздействием на здоровье [4].

Пастеризованное молоко, инокулированное коммерческой пробиотической культурой, добавлялось в сливки, отдельно или в сочетании с ароматическими заквасками, и ферментировалось в течение 34 часов. Количество пробиотических микроорганизмов, оцененное в ходе ферментации сливок, представляет собой окончательное значение около 8 Log КОЕ/мл. Масло показало значения выше 6 Log КОЕ/г, в пределах контрольных значений, необходимых для того, чтобы считаться пробиотиком, будучи более мягким и с более высокой влажностью, чем обычное масло [5].

Была предложена технология получения масляной пасты с дигидрокверцетином. Для получения масляной пасты с дигидрокверцетином выбран способ преобразования высокожирных сливок. Нормализованную смесь переводили в масляную пасту и направляли на термостатирование. Масляная паста с дигидрокверцетином является обезжиренным продуктом с функциональными свойствами. Продукт предназначен для систематического употребления населением всех возрастных групп [6].

На кафедре «Пищевые технологии» НАО Университета имени Шакарима были проведены исследования по разработке технологии кисломолочного масла с растительными жирами «Asylum», обладающего пониженной калорийностью с пробиотическими свойствами. В состав сливочного масла входили следующие компоненты: растительно-жировая эмульсия 35%, закваска 3%, сливочное масло жирностью 82,5% жирностью. Одной из задач исследования являлось изучение пищевой безопасности продукта и сравнительный анализ показателей с контрольным образцом и требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».

Условия и методы исследования

Для проведения исследований использовались стандартные методы исследования. Радионуклиды были определены по ГОСТ 32164-2013 [7], ГОСТ 32161-2013 [8], ГОСТ 32163-2013 [9]. Пестициды определяли по ГОСТ 23452-2015 [10]. Антибиотики тетрациклиновой группы по ГОСТ 31694-2012 [11], ГОСТ 33526-2015 [12].

Отбор проб осуществляли по ГОСТ 26809.2-2014 [13].

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФНМ) по ГОСТ 10444.15-94 [14], *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 30347-2016 [15]; сальмонеллы по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) [16]; кишечную палочку по ГОСТ 31747-2012 [17]. Дрожжи и плесневые грибы были определены по ГОСТ 33566-2015 [18]. Бактерии *Listeria monocytogenes* исследовали по ГОСТ ISO 11290-1-2022 [19].

Результаты исследований

Производство кисломолочного несоленого масла с растительными жирами «Asylum» состоит из ряда технологических процессов: приёмки и оценки качества сырья (молока), сепарирования молока и получения сливок 35% жирности, пастеризации сливок, охлаждения сливок, физического созревания сырья, сбивания сливок в масло, термомеханической обработки масла (добавления растительно-жировой эмульсии и закваски бактериального препарата «Эм-Курунги»), фасовки масла, хранения масла.

На различных этапах производства и хранения сливочного масла оно может загрязниться токсичными элементами, радионуклидами, пестицидами, антибиотиками, микроорганизмами и другие опасными веществами.

Чтобы предотвратить негативное влияние на здоровье человека, необходимо исследовать показатели безопасности с целью обеспечения получения высококачественной продукции. При этом важный принцип должен быть совместим с техническим регламентом.

С этой целью проводились исследования пищевой безопасности сливочных масел, характеристика образцов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Нутриентный состав сливочных масел

Наименов.	Вид масла	Жир, г/100 г	Влага, г/100 г	Белок, г/100 г	Углеводы, г/100 г	Зола, г/100 г	Энергетическая ценность, ккал
Опыт	Кисломолочное несоленое масло с растительными жирами «Asylum»	59,3±0,06	22,4±0,04	5,80±0,13	11,40±0,6	1,10±0,01	631±0,02
Контроль	Кисломолочное несоленое масло «Бутербродное»	61,50±0,10	35,00±0,02	2,50±0,03	1,70±0,01	0,60±0,02	566±0,04

В образцах масла были исследованы санитарно-показательные микроорганизмы, данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Микробиологические показатели образцов сливочного масла

Наименов.	КМАФНМ, КОЕ/см³ (г), не более	Объем (масса) продукта, см³ (г), в которой не допускаются				Дрожжи (Д), плесени (П), КОЕ/см³ (г), не более
		БГКП Примеч.*** (колиформы)	Патогенные, в том числе сальмонеллы	Стафилококки <i>S.aureus</i>	Листерии <i>L.monocytogenes</i>	
Опыт	3,44 x 10 ⁸	Не обнаружено				Д – 0,034 П – не обнаружено
Контроль	2, 05 x 10 ⁷					Д не обнаружено П не обнаружено
Допустимый уровень *	Не нормируется	0,01	25	0,1	25	Д – 100 П – 100

*Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

Полученные исследования позволяют сделать вывод, что микробиологическая картина опытного и контрольного образца находилась в пределах нормы, в образцах не была обнаружена посторонняя микрофлора, что говорит о чистоте сырья, соблюдение требований технологического процесса. В опытном образце масла были обнаружены дрожжи, что является допустимым в составе «ЭМ-Курунги».

Патогенные микроорганизмы представляют угрозу для здоровья человека, например, сальмонелла является одним из наиболее важных этиологических агентов инфекций пищевого происхождения, она сохраняется в почве, воде и пищевых продуктах даже после их обработки. Чтобы сократить присутствие этого патогена в пищевой цепи требуется надлежащие методы ведения технологического процесса [20].

Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов представлено на рисунке 1. В техническом регламенте ТР ТС 033/2013 не нормируется КМАФНМ для кисломолочных сортов масла.



Рисунок 1 – Содержание КМАФНМ в образцах сливочного масла

Диаграмма на рисунке 1 показывает, что опытный образец превосходил контрольный по содержанию молочнокислой микрофлоры, что говорит о более высоких пробиотических свойствах полученного образца сливочного масла. В состав «Эм – Курунги» входит более 90 штаммов различных микроорганизмов, ферментов, аминокислот.

Были проведены исследования на наличие других загрязнителей, определён их качественный и количественный состав. Результаты исследований приведены на рисунках 2,3.

В образцах масла было исследовано содержание пестицидов, данные представлены на рисунке 2.

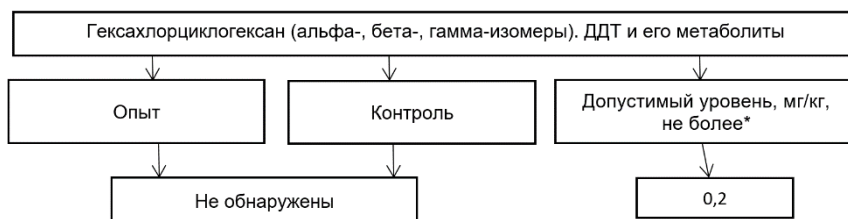


Рисунок 2 – Содержание пестицидов в опытном и контрольном образцах сливочного масла

**Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013)*

Большая часть сельскохозяйственной продукции подвергается воздействию пестицидов, таких как хлорталонил, глифосат, тетрафлорвинфос, ДДТ, хлордан, линдан. Хлорорганические пестициды были запрещены в течение многих лет из-за их стойкости в окружающей среде и липофильных свойств. Ранее проведённые исследования говорят о канцерогенных свойствах хлорорганических пестицидов. Хлорорганические пестициды в основном обнаруживаются в продуктах животного происхождения [21].

Анализ рисунка 2 позволяет сделать вывод, что образцы сливочного масла не были загрязнены пестицидами, что говорит о безопасности сырьевых источников.

На рисунке 3 приведены данные по содержанию антибиотиков и микотоксинов в образцах сливочных масел.



Рисунок 3 – Содержание антибиотиков в опытном и контрольном образцах сливочного масла

*Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

Антибиотики являются наиболее важными лекарственными средствами, применяемыми в ветеринарии. Их применение у животных, выращивающих пищевые продукты, может привести к образованию остатков антибиотиков в пищевых тканях, которые контролируются для защиты здоровья людей и животных, обеспечения соблюдения нормативных требований, предоставления данных токсикологической оценки и решения вопросов международной торговли [22].

Хотя риск развития токсичности из-за употребления пищевых токсинов довольно низок, всегда существует вероятность развития токсичности из-за загрязнения, чрезмерного потребления, аллергии или непредсказуемой индивидуальной реакции [23].

Полученные исследования показали, что образцы сливочных масел не содержали антибиотиков и микотоксинов.

Показатели тяжёлых металлов и радионуклидов представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели токсичных элементов и радионуклидов

Наименование	Токсичные элементы, допустимые уровни, мг/кг (л) не более:				Радионуклиды	
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть	Цезий-137	Стронций-90
Опыт	Не обнаружено					
Контроль						
Допустимый уровень *	0,1	0,1	0,03	0,03	40 Бк/л	25 Бк/л

*ТР ТС 033/2013 – Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»

Токсичные элементы, такие как ртуть, мышьяк, кадмий и свинец, которые иногда называют тяжёлыми металлами, могут снижать умственную деятельность и работу центральной нервной системы, нарушать состав крови, а также работу почек, лёгких и печени и снижать уровень энергии [24].

Некоторые из этих токсичных металлов встречаются в природе в окружающей среде, в то время как другие попадают в организм в результате процессов разведения животных, промышленной деятельности, урбанизации и добычи полезных ископаемых [25, 26].

Эти риски необходимо выявлять и контролировать, соблюдая надлежащие методы ведения сельского хозяйства, следя за тем, чтобы животные не подвергались воздействию токсичных металлов [27].

Радионуклиды представляют опасность для организма человека. Они могут попасть в пищевые продукты в случае поедания свежих кормов животными в особо загрязнённых районах, где высокий выброс дыма в окружающую среду.

Опытный и контрольный образцы не содержали токсичные элементы, радионуклиды и соответствовали нормам технического регламента.

Заключение

Данное исследование позволило оценить безопасность кисломолочного несоленого масла с растительными жирами «Asylum» (опытный образец), произведённого в г. Семей, Абайской области, кисломолочного несоленого масла «Бутербродное» (контрольный

образец), произведённого Куяганским маслозаводом (Алтайский край, с.Куяган, Россия). Были исследовано содержание санитарно-показательных микроорганизмов, пестицидов, токсичных элементов, радиоактивных элементов и остатки антибиотиков. Содержание пестицидов, токсичных элементов, радионуклидов, токсинов не было обнаружено в образцах и соответствовало техническому регламенту. Микробиологический анализ показал, что все образцы не имели в своём составе патогенные микроорганизмы. В кисломолочном масле «Asylum» содержались дрожжи, но не превышали, значения технического регламента. Содержание дрожжей объяснялось использованием закваски бактериального препарата «Эм-Курунги». Содержание КМАФНМ у кисломолочного масла «Asylum» превосходило контрольный, что говорит о более высоких пробиотических свойствах продукта. Результаты этой работы свидетельствуют о том, что готовый продукт не загрязнен загрязнителями, изготовлен по всеми правилами санитарно-производственных норм и пригоден к употреблению.

Список литературы

1. Functional butter for reduction of consumption risk and improvement of nutrition / S. Cheng et al // Grain & Oil Science and Technology/ – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2023.09.001>.
2. Features of micro-and ultrastructure of low-fat butter and its low-fat analogues / E.V. Topnikova et al // Food systems. – 2021. – № 3(4). – P. 15-19.
3. Bulut M. Antioxidant Capacity, Oxidative Stability And Sensory Properties Of Flavored Butter Using Dried Apricot Pulp / M. Bulut, E. Gündoğdu // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2022.
4. Ivanova M.G. Technology of butter fortified with phytosterols / M.G. Ivanova, G.T. Dobrev // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1031, № 1. – P. 012085. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012085>.
5. Seo C.W. Physicochemical changes during cream fermentation and quality characteristics of lactic butter produced using cultured creams with different fermentation levels / C.W. Seo // International Dairy Journal. – 2021. – № 145. – P. 105730.
6. Ziablitseva M.A. Production of butter paste with dihydroquercetin technology / M.A. Ziablitseva, J.A. Bessonova, O.V. Yershova // In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1052, № 1. – P. 012070.
7. ГОСТ 32164-2013. Продукты пищевые. Метод отбора проб для определения стронция Sr-90 и цезия Cs-137. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартинформ, 2013. – 19 с.
8. ГОСТ 32161-2013. Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
9. ГОСТ 32163-2013. Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90. Введ. 01.07.2014 М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
10. ГОСТ 23452-2015. Молоко и молочные продукты. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов. Введ. 01.07.2016 М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
11. ГОСТ 31694-2012. Продукты пищевые, продовольственное сырье. Метод определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.
12. ГОСТ 33526-2015. Молоко и продукты переработки молока. Методика определения содержания антибиотиков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии – М.: Стандартинформ, 2016. – 16 с.
13. ГОСТ 26809.2-2014. Молоко и молочная продукция правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреда, сыры и сырные продукты, плавленые сыры, Введ. 01.01.2016. М: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
14. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введен 01.01.1994. М: Стандартинформ, 2010. – 311 с.
15. ГОСТ 30347-2016. Молоко и молочная продукция. Методы определения Staphylococcus aureus. Введ. 01.09.2017. М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
16. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2012. – 21 с.

17. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2012. – 21 с.
18. ГОСТ 33566-2015. Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ, 2015. – 14 с.
19. ГОСТ ISO 11290-1-2022. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes*. Часть 1. Метод выявления. Опул. 01.09.2017. Стандартинформ, 2017. – 47 с.
20. Guerrero T. Nontyphoidal *Salmonella* in food from Latin America: a systematic review / T. Guerrero, R. Bayas-Rea, E. Erazo, S. Zapata Mena // *Foodborne Pathogens and Disease*. – 2022. – № 19(2). – P.85-103.
21. Residues of carcinogenic pesticides in food: a systematic review / P. Sadighara et al // *Reviews on Environmental Health*/ – 2023. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0253/>
22. Mastovska K. Multiresidue analysis of antibiotics in food of animal origin using liquid chromatography–mass spectrometry / K. Mastovska // *Mass spectrometry in food safety: methods and protocols*. – 2011. – P. 267-307.
23. Dolan L.C. Naturally occurring food toxins / L.C. Dolan, R.A. Matulka, G.A. Burdock // *Toxins*. – 2010. – № 2(9). – P. 2289-2332.
24. Toxic elements in food: occurrence, binding, and reduction approaches / P. Hajeb et al // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. – 13(4). – P.457-472.
25. Concentrations of heavy metals in the tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from the region of Warmia and Mazury / J. Falandysz et al // *Food Addit. Contam.* – 2005. – P. 141-149.
26. Nkosi D.V. Toxic Metals in Wild Ungulates and Domestic Meat Animals Slaughtered for Food Purposes: A Systemic Review / D.V. Nkosi, J.L. Bekker, L.C. Hoffman // *Foods*. – 2021. – № 10(11). – P. 2853.

References

1. Functional butter for reduction of consumption risk and improvement of nutrition / S. Cheng et al // *Grain & Oil Science and Technology*/ – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2023.09.001>. (In English).
2. Features of micro-and ultrastructure of low-fat butter and its low-fat analogues / E.V. Topnikova et al // *Food systems*. – 2021. – № 3(4). – R. 15-19. (In English).
3. Bulut M. Antioxidant Capacity, Oxidative Stability And Sensory Properties Of Flavored Butter Using Dried Apricot Pulp / M. Bulut, E. Gündoğdu // *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2022. (In English).
4. Ivanova M.G. Technology of butter fortified with phytosterols / M.G. Ivanova, G.T. Dobrev // *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2021. – Vol. 1031, № 1. – R. 012085. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012085>. (In English).
5. Seo C.W. Physicochemical changes during cream fermentation and quality characteristics of lactic butter produced using cultured creams with different fermentation levels / C.W. Seo // *International Dairy Journal*. – 2021. – № 145. – R. 105730. (In English).
6. Ziablitseva M.A. Production of butter paste with dihydroquercetin technology / M.A. Ziablitseva, J.A. Bessonova, O.V. Yershova // *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2022. – Vol. 1052, № 1. – R. 012070. (In English).
7. GOST 32164-2013. Продукты пishchevye. Metod otbora prob dlya oprede-leniya strontsiya Sr-90 i tseziya Cs-137. Vved. 01.07.2014. M.: Standartinform, 2013. – 19 s. (In Russian).
8. GOST 32161-2013. Продукты пishchevye. Metod opredeleniya sodержaniya tseziya Cs-137. Vved. 01.07.2014. M.: Standartinform, 2019. – 19 s. (In Russian).
9. GOST 32163-2013. Продукты пishchevye. Metod opredeleniya sodержaniya strontsiya Sr-90. Vved. 01.07.2014 M.: Standartinform, 2019. – 11 s. (In Russian).
10. GOST 23452-2015. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya ostatochnykh kolichestv khlororganicheskikh pestitsidov. Vved. 01.07.2016 M.: Standartinform, 2016. – 11 s. (In Russian).
11. GOST 31694-2012. Продукты пishchevye, prodovol'stvennoe syr'e. Metod opredeleniya ostatochnogo sodержaniya antibiotikov tetratsiklinovoi gruppy s pomoshch'yu vysokoehffektivnoi zhidkostnoi khromatografii s mass-spektrmetricheskim detektorom – M.: Standartinform, 2013. – 20 s. (In Russian).

12. GOST 33526-2015. Moloko i produkty pererabotki moloka. Metodika opredeleniya sodержaniya antibiotikov metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii – M.: Standartinform, 2016. – 16 s. (In Russian).
13. GOST 26809.2-2014. Moloko i molochnaya produktsiya pravila priemki, metody otbora i podgotovka prob k analizu. Chast' 2. Maslo iz korov'ego moloka, spredy, syry i syrnye produkty, plavlenye syry, Vved. 01.01.2016. M: Standartinform, 2019. – 18 s. (In Russian).
14. GOST 10444.15-94. Produkty pishchevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nykh aehrobnykh i fakul'tativno-anaehrobnykh mikroorganizmov. Vveden 01.01.1994. M: Standartinform, 2010. – 311 s. (In Russian).
15. GOST 30347-2016. Moloko i molochnaya produktsiya. Metody opredeleniya Staphylococcus aureus. Vved. 01.09.2017. M.: Standartinform, 2016. – 14 s. (In Russian).
16. GOST 31659-2012. Produkty pishchevye. Metod vyyavleniya bakterii roda Salmonella. Vved. 01.07.2013. M.: Standartinform, 2012. – 21 s. (In Russian).
17. GOST 31659-2012. Produkty pishchevye. Metod vyyavleniya bakterii roda Salmonella. Vved. 01.07.2013. M.: Standartinform, 2012. – 21 s. (In Russian).
18. GOST 33566-2015. Moloko i molochnaya produktsiya. Opredelenie drozhzhei i plesnevykh gribov. Vved. 01.07.2016. M.: Standartinform, 2015. – 14 s. (In Russian).
19. GOST ISO 11290-1-2022. Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya bakterii Listeria monocytogenes. Chast' 1. Metod vyyavleniya. Opubl. 01.09.2017. Standartinform, 2017. – 47 s. (In Russian).
20. Guerrero T. Nontyphoidal Salmonella in food from Latin America: a systematic review / T. Guerrero, R. Bayas-Rea, E. Erazo, S. Zapata Mena // Foodborne Pathogens and Disease. – 2022. – № 19(2). – R.85-103. (In English).
21. Residues of carcinogenic pesticides in food: a systematic review / P. Sadighara et al // Reviews on Environmental Health/ – 2023. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0253/>. (In English).
22. Mastovska K. Multiresidue analysis of antibiotics in food of animal origin using liquid chromatography–mass spectrometry / K. Mastovska // Mass spectrometry in food safety: methods and protocols. – 2011. – R. 267-307. (In English).
23. Dolan L.C. Naturally occurring food toxins / L.C. Dolan, R.A. Matulka, G.A. Burdock // Toxins. – 2010. – № 2(9). – R. 2289-2332. (In English).
24. Toxic elements in food: occurrence, binding, and reduction approaches / P. Hajeb et al // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2014. – 13(4). – R.457-472. (In English).
25. Concentrations of heavy metals in the tissues of red deer (Cervus elaphus) from the region of Warmia and Mazury / J. Falandysz et al // Food Addit. Contam. – 2005. – R. 141-149. (In English).
26. Nkosi D.V. Toxic Metals in Wild Ungulates and Domestic Meat Animals Slaughtered for Food Purposes: A Systemic Review / D.V. Nkosi, J.L. Bekker, L.C. Hoffman // Foods. – 2021. – № 10(11). – R. 2853. (In English).

Ф.Х. Смольникова[†], Г.К. Наурызбаева¹, М.Б. Ребезов², Э.К. Оксханова¹, Б.М. Кулуштаева¹

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

²В.М. Горбатов атындағы Ресей Ғылым Академиясының Азық-түлік жүйелері жөніндегі федералды
ғылыми орталығының
109316, Ресей, Мәскеу, Талалихина к-сі, 26
*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

ӨСІМДІК КОМПОНЕНТТЕРІМЕН САРЫ МАЙДЫҢ ТАҒАМДЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

Майдың төмен калориялы түрлерінің өндірісі жыл сайын өсіп келеді. Сары майдағы қаныққан майдың төмендеуі атеросклероз, семіздік, қант диабеті сияқты аурулардың қаупін азайтуға көмектеседі. Сары майды өндірудегі маңызды фактор оның тағамдық қауіпсіздігі болып табылады. Бұл мақалада өсімдік майлары бар қышқыл тұздалмаған майдың тағамдық қауіпсіздігі техникалық регламент талаптарына сәйкестігі туралы зерттеулер келтірілген.

Зерттеу жүргізу үшін стандартты әдістер қолданылды. Осы мақсатта майдың микробиологиялық көрсеткіштері, радионуклидтер, улы элементтер, пестицидтер, антибиотиктер анықталды. Алынған көрсеткіштер бақылау үлгісімен (тұздалмаған сүт-қышқылдық «Бутербродтық» сары майы) және кеден одағының «Сүт және сүт өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» Техникалық регламентінің нормаларымен (КО ТР 033/2013) салыстырылды.

Бақылау майы және өсімдік майларымен тұздалмаған майының зерттеу нәтижелері техникалық регламенттің талаптарына сәйкес келетіндігін көрсетті. Микробиологиялық көрсеткіштер тәжірибелік үлгіде МАЖФАМС көрсеткіші $3,44 \times 10^8$ болғанын анықтауға мүмкіндік берді, бұл бақылау үлгісінен асып түсті ($2,05 \times 10^7$), бұл өнімнің жоғары биологиялық құндылығын және пробиотикалық дақылдардың жоғары құрамын көрсетеді, сонымен бірге техникалық регламенттің талаптары сүт-қышқылдық сорттары майдың үшін бұл көрсеткішті нормаламайды. Бақылау үлгісінде ашытқы да табылды, өйткені ол өсімдік майлары бар тұздалмаған сүт-қышқылдық сары май өндірісінде қолданылатын «ЭМ – Курунга» ашытылған сүт ашытқысында кездеседі. Радионуклидтер, микотоксиндер, антибиотиктер, улы элементтер, пестицидтер сияқты басқа көрсеткіштер Техникалық регламенттің талаптарынан аспады. Дайын өнімін қауіпсіз және тұтынушылар сатылуы мүмкін.

Түйін сөздер: май, радионуклидтер, микробиологиялық көрсеткіштер, улы элементтер, пестицидтер, тағамдық қауіпсіздік, микотоксиндер, ашытқылар.

F. Smolnikova[†], G. Naurzbaeva¹, M. Rebezov², E. Okuskhanova¹, B. Kulushtaeva¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

²V.M. Gorbato Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Science
109316, Russia, Moscow, Talalikhina str., 26

*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

INVESTIGATION OF THE FOOD SAFETY OF BUTTER WITH VEGETABLE COMPONENTS

The production of low-calorie types of butter is growing annually. Reducing saturated fats in butter helps reduce the risk of diseases such as atherosclerosis, obesity, and diabetes. An important factor in the production of butter is its food safety. This article provides studies on the food safety of unsalted sour-cream oil with vegetable fats for compliance with the requirements of technical regulations.

Standard methods were used to conduct the study. To this end, microbiological parameters, radionuclides, toxic elements, pesticides, and antibiotics were determined in butter. The obtained indicators were compared with a control sample (unsalted sour cream butter «Sandwich») and the norms of the Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of milk and dairy products» (TR CU 033/2013). The research results showed that the control sample and unsalted sour cream oil with vegetable fats meet the requirements of the technical regulations. Microbiological indicators allowed us to establish that in the prototype, the NMAaFAM index was $3,44 \times 10^8$, which exceeded the control sample ($2,05 \times 10^7$), this indicates a high biological value of the product and a high content of probiotic cultures, at the same time, the requirements of the technical regulations do not normalize this indicator for sour-cream oil varieties. Yeast was also found in the control sample, as they are contained in the fermented milk starter culture «Em – Kurunga», used in the production of unsalted sour cream oil with vegetable fats. Other indicators, such as radionuclides, mycotoxins, antibiotics, toxic elements, pesticides, did not exceed the requirements of the technical regulations. The finished product is safe and can be sold to consumers.

Key words: butter, radionuclides, microbiological parameters, toxic elements, pesticides, food safety, mycotoxins, yeast.

Сведения об авторах

Фарида Харисовна Смольникова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Гульмира Каиргалиевна Наурызбаева – докторант кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: gumnur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2653-226X>.

Максим Борисович Ребезов – доктор с/х наук, профессор Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова Российской Академии Наук, Россия; e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Элеонора Курметовна Окусханова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевые технологии», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: eleonora-okushan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Ботакоз Манарбековна Кулуштаева – PhD, ст.преподаватель кафедры «Пищевые технологии», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Авторлар туралы мәліметтер

Фарида Харисқызы Смольникова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Гүлмира Қайырғалиқызы Наурзбаева – «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторантты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: gumnur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2653-226X>.

Макисим Борисұлы Ребезов – В.М. Горбатов атындағы Ресей Ғылым Академиясының Азық-түлік жүйелері жөніндегі федералды ғылыми орталығының ауылшаруашылық ғылымдарының докторы, профессор; Ресей, e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Элеонора Курметқызы Окушанова – PhD, «Тамақ технологиялары» кафедрасының қауымдастырылған профессорының м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: eleonora-okushan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Ботакөз Манарбекқызы Кулустаева – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Information about the authors

Farida Smolnikova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Food Technology», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Gulmira Naurzbayeva – Senior Lecturer at the Department of Food Production Technology and Biotechnology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: gumnur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2653-226X>.

Makisim Rebezov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the V.M. Gorbakov Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Russia; e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Eleonora Okushanova – PhD, acting associate professor of the Department of «Food technologies», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: eleonora-okushan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Botakoz Kulushtaeva – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Поступила в редакцию 16.10.2024

Поступила после доработки 03.11.2024

Принята к публикации 04.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-26](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-26)

IRSTI: 68.35.71



B.A. Murzabaev, G.O. Kantureyeva*

NJSC «M. Auezov», South Kazakhstan University
Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5
*e-mail: kantureeva.g@mail.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF PLUM DRYING PARAMETERS ON THE CONTENT OF POLYPHENOLIC SUBSTANCES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PRUNES

Abstract: Contemporary prune production is largely driven by industry and market demands. Uniform dimensions and color, balanced taste and attractive flavor are appreciated by consumers. In addition, dried plum is considered a rich source of the essential phytochemicals, mainly polyphenolic compounds. Drying is an effective method of fruit preservation. Drying can maintain the quality of the finished product, but the decisive factor in this process is the method chosen, the equipment and the parameters of the thermal agent. In this work, drying in an infrared cabinet was used as an effective and progressive method that reduces the drying time while preserving the bioactive substances of the initial raw material. To produce a prune authors used the plum species (*Prunus domestica* L. – domestic plum) of the genus *Prunus*, the variety «Vengerka domashnya»,

cultivated in the south of Kazakhstan and as the most suitable variety for obtaining prunes. The results of the study showed that despite the shorter drying time at higher temperature (80°C), drying carried out at 60°C for 10 hours was more effective in terms of polyphenol preservation. Although drying fresh plums causes significant chemical changes, prunes dried in an infrared dryer at temperature 60°C can be considered a functional food due to the high levels of antioxidants: polyphenolic substances in amount 169.51 ± 0.58 mg GAE/100 g DW and Total Antioxidant Capacity (TAC) in amount 64.27 ± 0.65 mg equivalents of α -tocopherol/ g extract.

Key words: plum; drying; infrared; temperature; prunes; polyphenolic; antioxidant; activity.

Introduction

Functional foods or nutraceuticals are excellent tools in the prevention and/or treatment of diseases of various natures. These beneficial effects are due to the constant presence of bioactive components such as carotenoids, phenols, certain vitamins and fibres in the products [1]. Some of the original and important sources of these health benefits are fruits and vegetables, including dried foods. A wide variety of fruits, vegetables, whole grains and other plant foods provide a range of nutrients and various bioactive compounds, including phytochemicals, vitamins, minerals and fibre, which play an important role as antioxidants, phytoestrogens and anti-inflammatory agents, and through various protective mechanisms [2, 3].

Plum fruits and the dried products derived from them in the form of prunes, in this context, can be considered as a rich source of the above-mentioned phytochemicals, mainly polyphenolic compounds. Polyphenolic compounds are considered antioxidant, anticarcinogenic, antimicrobial, anti-allergic, antimutagenic and anti-inflammatory, as well as reducing cardiovascular diseases [4].

According to Bloomberg, many manufacturers are positioning prunes as a sweet, deep-flavoured, pleasantly chewy texture, healthy snack product rich in antioxidants, vitamins, fibre and protein. Most importantly, it is available all year round [5].

American nutritionists have discovered an unexpected property of prunes. In a study published in the Journal of Nutrition Bulletin, they stated that it reduces cravings for sweets. According to experts, people who ate prunes during the study felt less hunger and consumed fewer calories. This product is called by the experts it one of the best for snacking [6].

As already mentioned, the fruit sector faces the challenges of consistent availability of high quality produce all year round, as well as improving and maintaining high nutritional value after harvest and during storage. Although fruits and vegetables are rich in nutraceuticals and bioactive substances, these functional foods have a relatively short shelf life. Methods used to extend their shelf life and availability to consumers includes freezing and dehydration. The dehydration process can be modified to achieve improved nutritional and sensory profiles desired by both producers and consumers [7].

Global dried fruit production has shown a positive trend over the past decade, crossing the 3 million metric tonne threshold over the past six seasons. The total for 2022/23 was just over 3.1 million tonnes. Dried grapes (sultanas, sultanas and currants) were again the leading dried fruit with 1.3 million tonnes (42% of total volume) in 2022/23. With a total volume of almost 1.2 million tonnes, table dates accounted for 37% of total dried fruit production. Table dates were also the fastest growing product over the last ten years, with an average annual growth of 5% between 2013/14 and 2022/23. Sweetened dried cranberries (6%), prunes (6%), apricots (5%) and figs (4%) accounted for the rest of global production (21%). In the 2022/23 season, global prune production amounted to an estimated 171,660 metric tons (Fig.1) [8].

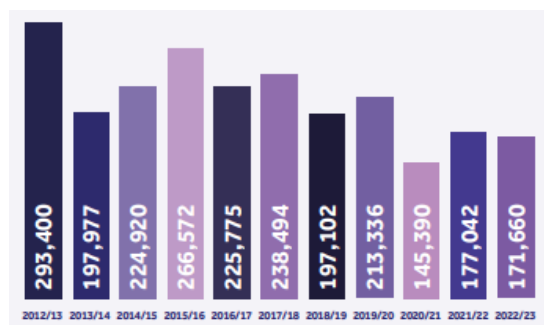


Figure 1 – World production of prunes

Drying is one of the widely used technologies as a method to reduce water content in order to slow down food spoilage by microorganisms [9]. But the high drying temperatures used in convection and other conventional heat treatments can reduce the amount of bioactive compounds including polyphenols [10]. Although [11] showed that although the high processing temperatures used for fruit drying significantly reduced both polyphenol and ascorbic acid content, the antioxidant activity of dried prunes was significantly increased. For this reason the purpose of the work is to determine the influence of different heating temperatures of drying with infrared method on amount of polyphenol substances and antioxidant ability of dried plums.

Objects and methods of research

The experiments were conducted on the plum species (*Prunus domestica* L. - domestic plum) of the genus *Prunus*, the variety "Vengerka domashnya", cultivated in the south of Kazakhstan and as the most suitable variety for obtaining prunes. The fruits were thoroughly washed, the pits were removed and immediately sent for drying. The drying process was carried out by an infrared drying installation ShS-80 of the Scientific Research Laboratory "Problems of Agro-Industrial Complex and Energy Information Resources" of M. Auezov SKU at different temperature conditions. Qualitative and quantitative analysis of fresh and dried plums was carried out using generally accepted methods in the literature and standards.

Results and discussion

At the first stage, the appearance and biochemical composition of fresh plums were studied: dry matter content, sugar content, titratable acidity. Plums for making prunes must meet certain requirements. Plums of the same size and weight (30-35 g) were selected, skin color - dark blue, with dense intact skin and waxy coating, with a small stone. The results of the analyses are presented in Table 1.

Table 1 – Biochemical composition of fresh plums of «Vengerka domashnya» variety

Type of data	Parameters		
	Dry matter content	Sugar content	Titratable acidity (per malic acid)
Experimental data	18,5%	13,5 %	1,03%
According to requirements	Approximately 20%	To 12%	Approximately 1%

Thus, the plum samples met all the requirements for obtaining high-quality prunes in all respects.

At the next stage, after preliminary preparation of the pitted plum samples, drying was carried out using infrared radiation as promising and cost-effective [12]. Such properties of any object as absorption and emission of radiation in the infrared spectrum give possibility to dry them at moderate temperatures and rapidly. So, selected plum varieties were dried at two different temperatures (60°C and 80°C) and the effect of the drying procedure on total polyphenol content and antioxidant capacity was monitored.

Figure 2 shows the drying curves of plums at different temperatures. Analysing the drying curves of plum samples, it is observed that the drying time decreases with increasing temperature in the infrared cabinet. At 60°C, the drying time is 12 hours, decreasing to 10 hours at 80°C. Thus, increasing the drying temperature from 60 to 80°C reduced the drying time by 1,2 times.

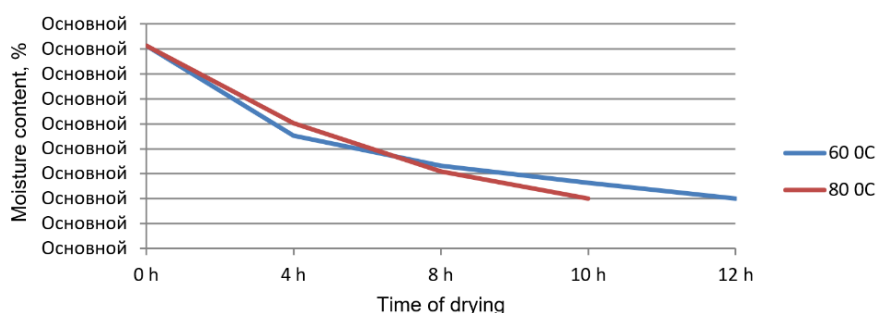


Figure 2 – Influence of the temperature on drying time

At the end of the drying process, the samples were examined for total polyphenolic content using the Folin-Chocalteu method. The content of polyphenols was determined by adding 0,2 ml of the pre-prepared prune extract to a test tube along with 1 ml of Folin-Ciocalteu solution and 3 ml of sodium carbonate solution (20%). The resulting mixture was left to react for one hour in the dark. Absorbance of the mixture was determined on a spectrophotometer at 765 nm. The result was expressed as milligrams of gallic acid equivalents (mg GAE) per 100 mg of starting material (mg GAE/100 g DW). The values for polyphenolic substances (PS) content of the obtained prune samples at different temperatures in the infrared cabinet are shown in Table 2.

It was found that maintaining temperatures of 60°C and 80°C in the infrared cabinet resulted in the following PS values: 169,51±0,58 mg GAE/100 g DW (60°C), and 109,51±0,54 mg GAE/100 g DW (80°C), showing the highest yield of PS content at 60°C. The similar situation resulted in TAC value: 64,27±0,65 mg equivalents of α -tocopherol/ g extract (60°C), and 55,21±0,92 mg equivalents of α -tocopherol/ g extract (80°C), showing the highest yield of TAC value at 60°C.

Table 2 – Biochemical composition of fresh plums of «Vengerka domashnya» variety

Temperature of drying	Parameters	
	Polyphenol substances (PS) mg GAE/100 g DW	Total Antioxidant Capacity (TAC) mg equivalents of α -tocopherol/ g extract
60°C	169,51±0,58	64,27±0,65
80°C	109,51±0,54	55,21±0,92

It is obvious that higher temperatures can increase dissolution and distribution, but high temperatures can also damage the cell wall, causing the release of enzymes such as polyphenol oxidase and peroxidase. Therefore, if the heat treatment temperature is higher, the chemical structure of the heat-sensitive phenolic compounds may undergo permanent modifications. And their content is drastically reduced. In addition, these changes affect the reactivity of aromatic rings interacting with the Folin-Ciocalteu reagent, which explains the lower P retention observed at higher drying temperatures [13-15].

Total Antioxidant Capacity (TAC) Test is a general test of the antioxidant capacity of plant extracts based on the phosphomolybdate method using α -tocopherol as an equivalent standard. The test is performed by mixing the extracts with a special reagent which is a mixture of sulphuric acid, sodium phosphate and ammonium molybdate. The mixture is then incubated at 95 °C for 90 minutes and, after cooling, the absorbance is measured at 695 nm. α -Tocopherol is also tested as a standard using the same procedures. The TAC value can be expressed as mg equivalents of α -tocopherol/ g extract [16].

So the total content of polyphenolic substances in fresh plums according to the number of studies composes from 125.0 to 372.6 mg/100 g expressed as gallic acid equivalents [17,18]. Although drying fresh plums causes significant chemical changes, prunes dried in an infrared dryer at temperature 60°C can be considered a functional food due to the high levels of antioxidants: polyphenolic substances in amount 169.51±0.58 mg GAE/100 g DW and Total Antioxidant Capacity (TAC) in amount 64.27±0.65 mg equivalents of α -tocopherol/ g extract.

Conclusion

Various studies on fruit preservation by drying report high product quality, low microbial contamination, and preservation of functional bioactive substances. Prunes, which are industrially produced by drying fresh plums at 60°C for 10 h, contain higher levels of phenolic compounds than those dried at higher temperatures. Phenolic compounds in prunes have beneficial effects on human health.

References

1. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. / M.A. Madrau et al // European Food Research and Technology. – 2009. – № 228(3). – P. 441-448. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0951-6>.
2. Liu R.H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet / R.H. Liu // Advances in nutrition (Bethesda, Md.). – 2013. – № 4(3). – P. 384-92. <https://doi.org/10.3945/an.112.003517>.
3. Nutraceuticals from fruits and vegetables at a glance: A review / Mahima, & Verma et al // Journal of Biological Sciences. – 2013. – № 13. – P. 38-47. <https://doi.org/10.3923/jbs.2013.38.47>.

4. Kamiloglu G.C. Cell Systems to Investigate the Impact of Polyphenols on Cardiovascular Health. / G.C. Kamiloglu, S. Capanoglu, E.C. John // *Nutrients*. – 2015. – № 7. – P. 9229-9255. <https://doi.org/10.3390/nu7115462>.
5. Experimental studies and randomised controlled trial investigating the impact of traditional dried fruits consumed as snacks on food intake, experience of appetite and body weight / J.A. Harrold et al // *Nutrition Bulletin*. – 2021. – № 46. – P. 451-467. <https://doi.org/10.1111/nbu.12528>.
6. Jayani K. Strategies Used to Prolong the Shelf Life of Fresh Commodities / K. Jayani, Dasanayaka, J. Chamila. // *Journal of Agricultural Science and Food Research*. – 2018. – № 9. – P. 1-6.
7. <https://inc.nutfruit.org/wp-content/uploads/2023/05/Statistical-Yearbook-2022-2023.pdf#:~:text=In%20the%202022%2F23%20season%2C%20global,by%20Argentina%20with%2018%2C000%20MT>.
8. Singham P. Technological Revolution in Drying of Fruit and Vegetables / P. Singham, B. Preeti // *International Journal of Science and Research (IJSR)*. – 2014.
9. The influence of the temperature of the convective heat agent on the kinetics of the drying process and the content of bioactive compounds in apple pomace / T. Ceşko et al // *Journal of Engineering Science*. – 2023. – № 30(3). – P. 134-144. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(3\).09](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(3).09).
10. Piga A. From Plums to Prunes: Influence of Drying Parameters on Polyphenols and Antioxidant Activity / Piga A., Del Caro A., Corda G. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2003. – № 51(12). – P. 3675-3681. <https://doi.org/10.1021/jf021207+>.
11. Murzabaev B. Justification of progressive technology for drying vegetables and corn / B. Murzabaev, G. Kantureyeva, B. Raisov // *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. – 2023. – № 1. – P. 131-137. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4\(12\)-17](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4(12)-17).
12. Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise / J. Kruk et al // *J Physiol Sci*. – 2022. – № 72. – P. 19. <https://doi.org/10.1186/s12576-022-00845-1>.
13. In vitro antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of aerial part extracts of *Daphniphyllum neilgherrense* (wt.) Rosenth. *Ethnopharmacology* / K. Paulpriya et al // *Journal of Bio Innovation*. – 2015. – № 4(6). – P. 257-268.
14. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices / A. Vega-Gálvez et al // *Food Chemistry*. – 2012. – № 132(1). – P. 51-59.
15. Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities / L. Shi et al // *Environ Sci Pollut Res*. – 2022. – № 29. – P. 81112-81129. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>.
16. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums / D.O. Kim et al // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2003. – № 51(22). – P. 6509-6515. <https://doi.org/10.1021/jf0343074>.
17. Identification of phenolic compounds in plum fruits (*Prunus salicina* L. and *Prunus domestica* L.) by highperformance liquid chromatography/tandem mass spectrometry and characterization of varieties by quantitative phenolic fingerprints / R. Jaiswal et al // *J. Agric. Food Chem*. – 2013. – № 61. – P. 12020-12031.

Б.А. Мурзабаев, Г.О. Кантуреева*

М. Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5
*e-mail: kantureeva.g@mail.ru

КЕПТІРУ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ҚАРА ӨРІКТІҢ ПОЛИФЕНОЛДЫ ЗАТТАРДЫҢ МАЗМҰНЫНА ЖӘНЕ ҚАРА ӨРІКТІҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі заманғы қара өрік өндірісі негізінен өнеркәсіп пен нарық сұранысына байланысты. Біркелкі өлшемдері мен түсі, теңдестірілген дәмі мен тартымды дәмі тұтынушылар тарапынан жоғары бағаланады. Сонымен қатар, кептірілген қара өрік маңызды фитохимиялық заттардың, негізінен полифенолды қосылыстардың бай көзі болып саналады. Кептіру – жемістерді сақтаудың тиімді әдісі. Кептіру дайын өнімнің сапасын сақтай алады, бірақ бұл процесте шешуші фактор

таңдалған әдіс, жабдық және термиялық агенттің параметрлері болып табылады. Бұл жұмыста бастапқы шикізаттың биоактивті заттарын сақтай отырып, кептіру уақытын қысқартатын тиімді және прогрессивті әдіс ретінде инфрақызыл шкафта кептіру қолданылды. Қара өрік алу үшін авторлар қара өрік алу үшін ең қолайлы сорт ретінде Қазақстанның оңтүстігінде өсірілетін *Prunus тұқымдасының* қара өрік түрін (*Prunus domestica* L. – отандық қара өрік), «Венгерка домашняя» сортын пайдаланды. Зерттеу нәтижелері жоғары температурада (80°C) қысқа кептіру уақытына қарамастан, 60°C температурада 10 сағат бойы жүргізілген кептіру полифенолды сақтау тұрғысынан тиімдірек екенін көрсетті. Алхорды кептіру айтарлықтай химиялық өзгерістер туғызса да, инфрақызыл кептіргіште 60°C температурада кептірілген қара өрік антиоксиданттардың жоғары деңгейіне байланысты функционалды тағам ретінде қарастырылуы мүмкін: полифенолдық заттар $169,51 \pm 0,58$ мг GAE/100 г DW және жалпы антиоксиданттық сыйымдылық (TAC) α -токоферол/г сығындысының $64,27 \pm 0,65$ мг эквивалентінде.

Түйін сөздер: алхоры; кептіру; инфрақызыл; температура; қара өрік; полифенолды; антиоксидант; белсенділік.

Б.А. Мурзабаев, Г.О. Кантуреева*

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Республика Казахстан г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5
*e-mail: kantureeva.g@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ СЛИВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ В ЧЕРНОСЛИВЕ

Современное производство чернослива во многом обусловлено требованиями промышленности и рынка. Однородные размеры и цвет, сбалансированный вкус и привлекательный аромат ценятся потребителями. Кроме того, сушеная слива считается богатым источником необходимых фитохимических веществ, в основном полифенольных соединений. Сушка является эффективным методом консервации фруктов. Сушка позволяет сохранить качество готового продукта, но решающим фактором в этом процессе является выбранный метод, оборудование и параметры теплового агента. В данной работе сушка в инфракрасном шкафу использовалась как эффективный и прогрессивный метод, позволяющий сократить время сушки при сохранении биологически активных веществ исходного сырья. Для получения чернослива авторы использовали вид сливы (*Prunus domestica* L. – слива домашняя) рода *Prunus*, сорт «Венгерка домашняя», возделываемый на юге Казахстана и как наиболее подходящий сорт для получения чернослива. Результаты исследования показали, что, несмотря на более короткое время сушки при более высокой температуре (80°C), сушка, проведенная при 60°C в течение 10 часов, была более эффективной с точки зрения сохранения полифенолов. Хотя сушка свежих слив вызывает значительные химические изменения, чернослив, высушенный в инфракрасной сушилке при температуре 60°C, можно считать функциональным продуктом питания из-за высокого содержания антиоксидантов: полифенольных веществ в количестве $169,51 \pm 0,58$ мг GAE/100 г сухой массы и общей антиоксидантной емкости (TAC) в количестве $64,27 \pm 0,65$ мг эквивалента α -токоферола/г экстракта.

Ключевые слова: слива; сушка; инфракрасный; температура; чернослив; полифенольный; антиоксидант; активность.

Авторлар туралы ақпарат

Болат Асанханұлы Мурзабаев – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, доцент, «АӨК және ЭР мәселелері» зертханасының меңгерушісі, М. Әуезов ат. Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bolat101955@mail.ru.

Гүлжан Орынбасарқызы Кантуреева* – «Биотехнология» ОБ магистрі, «АӨК және ЭР мәселелері» ғылыми қызметкері, М. Әуезов Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kantureeva.g@mail.ru.

Информация об авторах

Болат Асанханович Мурзабаев – кандидат с.-х. наук, доцент, заведующий лабораторией «Проблемы АПК и ЭР», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: bolat101955@mail.ru.

Гульжан Орынбасаровна Кантуреева* – магистр ОП «Биотехнология», мнс НИЛ «Проблемы АПК и ЭР», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: kantureeva.g@mail.ru.

Information about the authors

Bolat Asankhanovich Murzabaev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the laboratory «Problems of Agriculture and ER», M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bolat101955@mail.ru.

Gulzhan Orynbasarovna Kantureyeva* – Master of EP «Biotechnology», Researcher of the Research laboratory «Problems of Agroindustrial complex and ER», M. Auezov South Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan; e-mail: kantureeva.g@mail.ru.

Received 02.10.2024

Accepted 22.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-27](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-27)

MPHTI: 65.63.39



Б.С. Туганова*, К.М. Омарова

Торайгыров университет,
140003, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64
*e-mail: tuganova65@inbox.ru

СОЗДАНИЕ НОВОГО ВИДА ОБОГАЩЕННОГО МЯГКОГО СЫРА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СЫРОПРИГОДНОСТИ МОЛОКА КОРОВ ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА

Аннотация: В данной статье отражены результаты проведенных исследований сыропригодности молока коров разных пород Павлодарского региона и разработки и усовершенствования технологии производства нового вида обогащенного мягкого сыра функционального назначения.

На первом этапе НИР был проведен обзор специальной и научно-технической и патентной литературы по вопросам тенденции развития технологии производства натурального сычужного мягкого сыра, с использованием сырья растительного происхождения. Далее в ходе выполнения научно-исследовательской работы были проведены экспериментальные исследования сыропригодности молока 3 пород коров Павлодарского региона «Симментальская», «Красная Степная» и «Казахская белоголовая» к сычужному свертыванию. По результатам проведенных исследований, в качестве основного сырья для производства обогащенного мягкого сыра было отобрано коровье молоко породы «Симментальская».

Затем были составлены несколько вариантов смеси сыропригодного молока коров «Симментальская» и менее сыропригодного молока коров породы «Красная Степная» в различных соотношениях (90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50) и соответственно исследован процесс сычужного свертывания отобранных вариантов сыропригодного молока с использованием отобранных заквасок и сычужных ферментов.

По полученным результатам также было установлено, что фермент «Natural Rennet» и закваска «Lactoferm ECO» также обладают очень высокой активностью свертывания различных смесей молока. Динамика изменения титруемой кислотности при свертывании смеси (60/40 и 50/50) сыропригодного молока коров породы «Симментальская» и менее сыропригодного молока коров породы «Красная Степная» достигли максимального показателя по титруемой кислотности.

Далее были проведены исследования по подбору и обоснованию добавок растительного происхождения – как функциональных компонентов в рецептуре нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания. По результатам проведенных исследований в качестве функциональной добавки для получения обогащенного мягкого сыра была разработана молочно-растительная композиция (молочно-белковый сгусток и овощная паста) и определена ее концентрация в компонентном составе обогащенного мягкого сыра. В результате были отобраны

образцы мягкого сыра с пастой из нута в количестве 2-4%. Установлено, что при увеличении дозы растительного наполнителя 6-10% приводит к ухудшению органолептических показателей, т. е. излишне выраженному вкусу бобового компонента.

Ключевые слова: породы коров Павлодарского региона, коровье молоко сырое, сыропригодность, сычужно-бродильная проба, заквасочные культуры, ферментные препараты, рецептура, технологический процесс.

Введение

Питание – один из важнейших факторов, определяющих здоровье человека. Действительно, во все времена создание продовольственной базы было залогом выживания людей, основой процветания любого государства. Именно питание тесно связывает нас с окружающей средой, а пища – это материал, из которого строится человеческий организм [1].

Целью создания комбинированных продуктов питания является не замена традиционных продуктов питания, а расширение ассортимента с учетом требований науки о питании и потребностей населения. В соответствии с современной концепцией здорового питания задача максимального уровня замены традиционной пищевой системы белковым препаратом при создании комбинированных пищевых продуктов уступила место задаче оптимизации состава продукта с учетом содержания биологически ценных пищевых веществ как в традиционной пищевой системе, так и в белковом препарате. Определенный интерес представляет разработка технологии свежих мягких сыров без созревания на молочно-растительной основе.

Нами проведен обзор специальной и научно-технической и патентной литературы по вопросам тенденции развития технологии производства натурального сычужного мягкого сыра функционального назначения из молока различных сельскохозяйственных животных.

Приведем небольшой анализ по результатам научных работ, опубликованных в отечественных и международных журналах.

Так например группа ученых и А.С. Моуниһан исследовали свойства сыра моцарелла, в состав которого входит химозин. В данной работе использовался бычий и верблюжий химозин. Был произведен сыр моцарелла с низким содержанием влаги. По результатам проведенных анализов было выяснено, что сыр, в состав которого входит верблюжий химозин, имеет больший срок годности [2].

С. Saleja и другие авторы предлагают технологию создания зерненного творога с использованием экстракта ромашки и фенхеля. В данной работе экстракты были получены несколькими разными способами. Использовались растения *Foeniculum vulgare* и *Matricaria chamomilla*. Были получены отвары растений, а также водные экстракты. Последние вводились в микрокапсулированном виде в состав альгината на одном из этапов производства зерненного творога. Было выявлено, что способ, предусматривающий микрокапсулирование функциональных добавок, обеспечивает антиоксидантную активность в течение более продолжительного периода, чем при использовании отваров растений [3].

С.Т. Pasini Deolino с соавторами описывает введение виноградного сока, кожицы и экстракта семян винограда в рецептуру сыра, что позволяет придать ему функциональные свойства. Добавки, полученные на основе продуктов переработки винограда, обладают антиоксидантными свойствами. Были получены водно-спиртовые экстракты данного сырья, затем экстракты были лиофилизированы. Отмечается, что полученный сыр проявляет свойства ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента, а также содержит фенольные соединения натурального происхождения [4].

М. Saracho, в своих исследованиях рассматривает базилик в качестве функционального и консервирующего ингредиента. Отмечается, что добавление листьев базилика обеспечивало антиоксидантную активность сыра, снижало его влажность и способствовало сохранению ненасыщенных жирных кислот и белков. Базилик вводился в состав сыра в виде отваров и в обезвоженной форме. Выявлено, что добавление отваров эффективно и позволяет получить сыр высокого качества [5].

Функциональные продукты питания могут быть получены не только при введении специальных ингредиентов, но и при изменении технологии производства. Так, М.С. Abeijon Mukdsi с соавторами рассматривает возможность производства сыра на основе козьего молока с применением закваски, содержащий штамм *Lactobacillus fermentum*. Благодаря наличию этой активности сыр проявляет пробиотические свойства [6].

Цель настоящей работы: изучение сыропригодности молока различных пород коров Павлодарского региона с разработкой и усовершенствованием технологии производства нового вида натурального сычужного мягкого сыра для функционального питания.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- проведение исследований сыропригодности коровьего молока различных пород Павлодарского региона;
- подбор и обоснование добавок растительного происхождения – как функциональных компонентов в рецептуре нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания;
- исследование процесса свертывания молока с использованием различных заквасок и сычужных и растительных ферментов, с целью получения молочно-белкового сгустка при производстве нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания;
- разработка рецептуры нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания и технологического процесса его производства;
- провести апробацию и выработать опытные образцы нового вида обогащенного мягкого сыра в лабораторных условиях НАО «Торайгыров университет» с определением качественных показателей готовой продукции;

Научная новизна. Исследование сыропригодности молока различных пород коров Павлодарского региона, с разработкой технологии получения нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания.

Практическая значимость. Компонентный состав и усовершенствованный технологический процесс нового вида обогащенного мягкого сыра для функционального питания.

В настоящем исследовании различные продукты переработки сои использовались в качестве растительного сырья с целью замены молочного сырья и обогащения полноценным растительным белком. Сыры этой группы очень питательны, легкоусвояемы, биологически полноценны; их производство не требует дорогостоящего создания энергии и позволяет снизить потребление молока [7].

По данным Бюро национальной статистики РК, в 2020 году Казахстан произвел 36 тыс. тонн сыра и творога. Для Казахстана это хороший результат. За последние пять лет производство данного вида продукции в республике выросло на 49% до 2016 года объем производства сыра-творога в РК не превышал 24 тыс. тонн (единственное исключение в 2015 году – 30 тыс. тонн) при этом с 2016 года рост производства регистрируется ежегодно [8].

Однако, как известно, в развитии необходимо учитывать опыт лидеров. В этой связи идеальным ориентиром для Казахстана является Висконсин. В 2020 году в американском штате Висконсин произведено в 43 раза больше сыра, чем в Казахстане – 1,6 млн. на молочную голову РК. разница в объеме производства почти в сто раз. [9].

Основной породой коров на молочных фермах сельхозпроизводителей (МТФ) по продуктивности, а именно среднесуточному доению (21,5-15 кг), является «Красная степная», занимающая промежуточное место среди основных пород скота в животноводстве по составу основных компонентов молока. Из-за высокого потребительского спроса на молочные продукты спрос на продажи молока сохраняется. Молочная продуктивность, состав, физико-химические и технические свойства молока зависят от породы и возраста животного. Отклонения в содержании молока у коров одной породы объясняются наследственными факторами, а также различными условиями содержания [10].

Многолетнее изучение состава и свойств молока у коров многих пород молочного и смешанного направления позволяет сделать вывод, что каждая порода молочного скота имеет свои особенности в составе и свойствах молока. По мнению ученых, эти особенности молока могут быть проверены в стабильной, генетически детерминированной и целенаправленной селекционной работе [11].

Так например в 2019 году в Казахстан завезено 52 895 голов племенного крупного рогатого скота (молочного, молочно-мясного и мясного направления). По мясомолочному направлению КРС завезено 9800 голов. Есть две породы: симментальская (9 661 голова) и швицкая (139 голов) импортировано 3789 голов. Было три породы гольштейн самая большая доля – 3191 голов, черная пестрая – 414 и красная степная порода – 184 головы [12].

Красная степная порода – образовалась с конца 18 века. Животные этой породы выносливы, хорошо приспособлены к жаркому климату. Основные районы выращивания - юг европейской части СНГ, Западная Сибирь, Казахстан.

Казахский Акбас (Aqbas) – порода коров мясного назначения. Порода выведена в юго-восточной части Казахстана и России. Для мясной животноводческой базы в совхозах Казахстана и Нижнего Поволжья казахский и калмыцкий скот скрещивали с герефордскими коровами. Полученные скрещивания сочетали высокие мясные качества герефордского скота с местной выносливостью. Средняя молочная продуктивность казахских белоголовых коров составляет 1000-1500 кг молока. Средняя жирность молока составляет 3,8-4,0%, в некоторых случаях – до 4,8%.

В 2021 году численность казахской белоголовой в РК превысило 470 тысяч человек. Сегодня казахскую белоголовую породу выращивают во всех 14 областях республики. По численности поголовья белого скота лидерами являются Восточно-Казахстанская область (где сосредоточено 72 763 головы), а также Западно-Казахстанская область (44 449 голов) и Павлодарская область (22 654 головы). Среди многих других заводчиков казахской белоголовой ТОО Галицкое с 800 голов маточного поголовья до 1000-1200 голов [13].

В Павлодарской области 156 хозяйств имеют племенной статус, из них 138 племенных голов племенного крупного рогатого скота, что составляет 13,4% от общей численности 410 тыс. голов. В принципе, по всем видам животных наблюдается рост поголовья. Но не так важно, как качество 13,4% поголовья крупного рогатого скота, а это около 55 тыс. голов, на сегодняшний день можно отнести к племенному скоту, из которых 62 % приходится на мясное направление. При этом предпочтение отдается породам КРС – «Казахская белоголовая», «Аулиекольская», «Абердин ангусская» и «Герефорд».

В племенных стадах молочного направления преобладают породы «Красная степная», «Казахская белоголовая» и «Симментальская». То есть крупные хозяйства Павлодарской области нацелены на увеличение производства качественной, экспортоориентированной продукции – мяса и молока от племенного скота (рис. 1).



Рисунок 1 – Породы коров Павлодарского региона

По данным специалистов Всероссийского научно-исследовательского института маслоседеления и сыроделения (ВНИИМС) сыропригодность молока характеризуется показателями химического состава, физико-химических, технологических и биологических свойств. Молоко должно содержать больше белка ($\geq 3,2\%$), жира ($\geq 3,6\%$), СОМО ($\geq 8,4\%$).

В целях восстановления и уточнения вышеуказанных особых требований по пригодности сыроделения к молоку разработаны и утверждены технические условия в качестве сырья для производства натурального сыра (ТУ 9811-153-0461-0209-2014 «Молочное сырье для производства сыра») [14].

Методы исследования

Материалы исследования: коровье молоко разных пород, пробиотические закваски и ферменты для мягкого сыра, различные специи (базилик, тимьян, петрушка, сельдерей, сушеный укроп, сушеный чеснок и др.) и поваренная йодированная соль

Методики исследования В ходе выполнения научно-исследовательской работы были проведены исследования физико-химических и микробиологических показателей молочного сырья и опытных образцов йодированного мягкого сыра. Исследования были проводены по стандартным методикам.

СТ РК 1760-2019 Молоко коровье. Технические условия.

СТ РК ISO 707-2011 Молоко и молочные продукты. Правила приема, методы отбора проб и подготовка образцов для анализа.

СТ РК 707-2011 Молоко и молочные продукты. Инструкция по методам отбора проб

СТ РК ISO 6091-2015 Молоко. Метод определения кислотности.

СТ РК ISO 8968-1-2014 Молоко и молочные продукты. Определение белка по методу Кьельдаля.

СТ РК ISO 488-2009 Молоко. Метод определения массовой доли жира.

СТ РК 3659-2020 Молоко. Методы микробиологического анализа и контроль для производства молочной промышленности.

ГОСТ ISO 11815-2015. Молоко. Определение активности сычужного свертывания молока.

Результаты исследований

Среди продуктов питания сыр занимает одно из первых мест по пищевой и энергетической ценности. Пищевая ценность сыра определяется высоким содержанием в нем белка, молочного жира, а также минеральных солей и витаминов в хорошо сбалансированных соотношениях и легкопереваримой форме.

В 100 г. полноценного жирного сыра содержится 28...30 г. белка, 32...33 г. жира, около 1 г. кальция, 0,8 г. фосфора. В сыре также содержится большое количество свободных аминокислот, в том числе все незаменимые, свободные жирные кислоты, в том числе ненасыщенные.

Основные требования предъявляемые к молочному сырью для производства натурального сычужного мягкого сыра представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные требования предъявляемые к молочному сырью для производства натурального сычужного сыра

Наименование показателей	СТРК 1760-2019	ТУ 9811-153-0461-0209-2014
Общее количество МАФАнМ, КОЕ, не более	4 x10 ⁶	1x10 ⁶
Бактериальная обсемененность, класс	-	I, II
Соматические клетки, тыс/мл, не более	1000	500
Титруемая кислотность, °Т	16-21	16-19
Сычужно - бродильная проба, класс	-	II

По результатам полученной оценки отнесены к одному из трех классов согласно таблице 2.

Таблица 2 – Результаты сычужно-бродильной пробы

Класс	Качество	Характеристика сгустка
I	Высокое	Сгусток нормальный, поверхность гладкая, на ощупь эластичная, на продольном разрезе нет глазков, сыворотка отсутствует
II	Удовлетворительное	Сгусток очень мягкий, в наличии несколько глазков (1-10). Сгусток нарушен, выпадает в осадок
III	Не удовлетворительное	Губчатый рыхлый сгусток, с многочисленными глазками, на ощупь, сплывающая вверх, наблюдается мягкий наличие отделившейся мутной сыворотки

В качестве сырья для производства нового вида мягкого сыра для проведения экспериментальных исследований по сравнительной качественных характеристик коровьего молока и сыропригодности были выбраны наиболее распространенные в Павлодарском регионе породы коров: «Симментальская» «Красная степная» и «Казахская белоголовая». Исследования проводились в период лактации (апрель – октябрь) при получении натурального молока (утренний и вечерний удой).

В таблице 3 представлены результаты исследования химического состава молока утреннего и вечернего удоя коров «Симментальская», «Красная степная» и «Казахская белоголовая».

По результатам сычужно-бродильной пробы, проведенной для оценки сыропригодности молока коров разных пород, получены следующие данные (табл. 4).

Таблица 3 – Химический состав молока коров разных пород

Показатели	Породы коров		
	Симментальская	Красная степная	Казахская белоголовая
Сухие вещества, %	11,92±0,10	12,56±0,10	11,78±0,10
Жир, %	3,86±0,10	3,72±0,10	3,10±0,10
Белок, %	3,48±0,03	3,35±0,03	3,08±0,03
Углеводы, %	4,45±0,11	4,32±0,11	4,16±0,11
Титруемая кислотность, °Т	16,0±0,04	17,0±0,04	20,0±0,04
Активная кислотность, рН	6,68±0,11	6,62±0,11	6,54±0,11
Плотность, кг/м ³	1027,5	1027,0	1030,0

Таблица 4 – Оценка сыропригодности молока коров разных пород по сычужно-броидильной пробе

Породы коров	Класс по сыропригодности	Качество молока	Характеристика полученного сгустка
Симментальская	I	Высокое	Сгусток плотный, поверхность гладкая, при прикосновении эластичный, в продольном разрезе без глазков, сыворотка не отделена
Красная степная	II	Удовлетворительное	Сгусток нормальный, поверхность гладкая, упругая, на продольном разрезе глазков нет, наблюдается незначительное выделение сыворотки
Казахская белоголовая	III	Не удовлетворительное	Сгусток имеет множество глаз, губчатая, мягкая, плавающая вверх, с заметным присутствием мутной сыворотки

Полученные результаты (табл. 3 и рис. 2) показывают, что наиболее сыропригодным молоком для создания нового вида мягкого сыра без созревания по результатам проведенной сычужно-броидильной пробы являются молоко «симментальской» и «красной степной» породы коров.

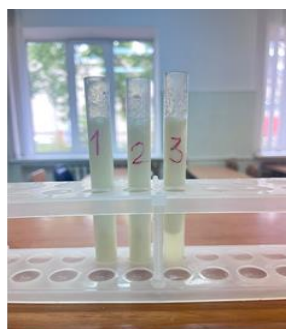


Рисунок 2 – Образцы сычужно-броидильной пробы коровьего молока различных пород

Молоко коров породы «Казахская белоголовая» оказалось не сыропригодным, так как эта порода коров в основном мясного направления.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что для разработки нового вида обогащенного мягкого сыра в Павлодарском регионе лучше всего подходит молоко коров молочного направления «Симментальская» и «Красная степная».

Также были проведены экспериментальные исследования процесса сквашивания сыропригодного молока коров породы «Симментальская» при температуре 37-38°C в интервале 40-60 мин. По полученным результатам было установлено, что такой фермент «Lactoferm ECO Закваска сычужный фермент «Natural Rennet» обладают очень высокой активностью свертывания молока. Динамика изменения титруемой кислотности при

свертывании коровьего молока в течение 8 часов показатели достигли максимального значения соответствующего для данного процесса. Исследование молокосвертывающей активности ферментных препаратов проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 11815-2015. «Молоко. Определение общей молочной свертывающей активности фермента» [15]. Результаты исследования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты процесса свертывания коровьего молока различными ферментными препаратами

Сычужный ферменты	Концентрация СФ, %	Время свертывания, мин		Характеристика сгустка
		контроль	эксперимент	
Lactoferm ECO фермент «Natural Rennet»	Раствор 0,5 мл сычужного фермента в 10 л коровьего молока	60±2	62±2	Плотная однородный сгусток, при разрезе наблюдается выделение сыворотки
«VIVO»(Украина ендірілген) Состав: микробиальный фермент – химозин.		60±2	69±2	Очень плотный сгусток, при разрезе отделение сыворотки отсутствует

Анализ экспериментальных данных показал что «Lactoferm ECO фермент» Natural Rennet – это овечий сычужный фермент Natural Rennet извлекается из желудков сардинских ягнят. Состав: свертывающая активность: хемозин 75%, пепсин 25%. Кроме того, сычужный жидкий фермент «VIVO» (производства Украина). Состав: микробный фермент – хемозин.

По полученным результатам было установлено, что такой фермент как «Lactoferm ECO» обладает очень высокой активностью свертывания молока. Динамика изменения титруемой кислотности при свертывании коровьего молока, т.е. в течение 62 минут эти показатели достигли максимального показателя.

В ходе дальнейших научных исследований для производства обогащенного мягкого сыра было использовано коровье молоко породы «Симментальская» и «Lactoferm ECO» Natural Rennet (итальянский фермент).

Затем были составлены несколько вариантов смеси сыропригодного молока коров породы «Симментальская» и менее сыропригодного молока коров породы «Красная Степная» в различных соотношениях (90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50) и соответственно были исследованы процессы свертывания данных смесей сыропригодного и менее сыропригодного коровьего молока.

По полученным результатам также было установлено, что такой фермент как «Natural Rennet» и закваска «Lactoferm ECO» также обладают очень высокой активностью свертывания различных смесей молока. Динамика изменения титруемой кислотности при свертывании смеси (60/40 и 50/50) сыропригодного молока коров породы «Симментальская» и менее сыропригодного молока коров породы «Красная Степная» достигли максимального показателя и получении плотного молочного белкового сгустка.

Органолептические характеристики, химический состав и показатели безопасности имеют решающее значение для выбора направления использования определенного вида растительного сырья. Вводя растительный компонент в виде пасты из нута, можно снизить затраты на производство продукта, полученного при производстве мягкого сыра.

Нут (турецкий горох) – это растение семейства бобовых, к которому относятся бобы и арахис. Плоды имеют маслянистый ореховый вкус и кремовую текстуру. Он обеспечивает 269 калорий на 164 г., при этом около 67% этих калорий приходится на углеводы, а остальное – на белки и жиры. Порция нута содержит 12 г. клетчатки, более 70% дневной нормы марганца и фолиевой кислоты, меди, цинка, фосфора, витаминов группы В и других питательных веществ. Высокое содержание клетчатки помогает снизить уровень холестерина, что помогает поддерживать здоровье сердца и кровеносных сосудов.

Бобовые содержат кальций, магний, клетчатку и другие питательные вещества для укрепления костей. Нут содержит холин, который помогает производить важные химические соединения для улучшения памяти, настроения, контроля мышечной функции и других функций мозга и нервной системы.

В ходе экспериментальных исследований необходимо было выбрать дозу пасты из нута, которая повышает органолептические показатели мягкого сыра и не снижает плотность сырного теста. Для определения дозы применения пасты из нута были созданы образцы мягких сыров с дозой от 1% до 10% растительной смеси с шагом 2%. Органолептические показатели прототипа 2 видов мягкого сыра и контрольная модель (адыгейский сыр) представлены на рисунке 4. При этом выделялись образцы мягкого сыра с пастой из нута в количестве 2-4%. Установлено, что при увеличении дозы 6-10% растительного наполнителя приводит к ухудшению органолептических показателей, т.е. излишне выраженному вкусу бобового компонента.

Таким образом, можно считать, что 3-5% образцов мягкого сыра с пастой из нута полностью соответствуют нормативным органолептическим показателям мягкого сыра без традиционного созревания.

Обсуждение результатов исследований

Таким образом, на данном этапе НИР разработаны различные варианты нового вида обогащенного мягкого сыра без созревания, с учетом добавления нового вида ферментного препарата и овощных паст, а также различных растительных специй (типа базилик) для придания особенных вкусовых оттенков. Также скорректированы технологические режимы и параметры их производства, с учетом традиционных технологий получения мягкого сыра без созревания типа «Адыгейский». В ходе проведения НИР в лабораторных условиях кафедры «Биотехнология» НАО «Торайгыров университет» были выработаны опытные образцы нового вида обогащенного мягкого сыра (2 варианта) и исследованы их качественные показатели.

Заключение

В соответствии с целями и задачами проекта были выполнены следующие этапы работ:

С целью получения нового вида обогащенного пищевыми волокнами мягкого сыра была исследована сыропригодность молока коров разных пород Павлодарского региона, исследованы процессы свертывания отобранного сыропригодного молока с использованием различных заквасок и сычужных ферментов, а также разработана рецептура и технологический процесс его производства, с определением качества готовой продукции.

Коровье молоко породы «Симментальская» и «Красная степная» были отобраны в качестве основного сырья для производства нового вида обогащенного мягкого сыра без созревания. В качестве функциональной добавки для получения нового вида обогащенного мягкого сыра был создан молочно-растительная композиция (молочно-белковый сгусток и овощная паста) и определена его концентрация в смеси продукта. В этом случае были отобраны образцы мягкого сыра с пастой из нута в количестве 2-4%. Установлено, что повышение дозы растительной пасты на 6-10% приводит к ухудшению органолептических показателей, то есть к излишне выраженному вкусу бобового компонента.

Исследован процесс свертывания сыропригодного молока с использованием различных заквасок и ферментов для получения нового вида обогащенного мягкого сыра. Процесс свертывания проводили при температуре 37-38°C 40-60 мин. По полученным результатам было установлено, что такой фермент «Lactoferm ECO Закваска сычужный фермент «Natural Rennet обладает очень высокой активностью свертывания молока.

Разработана рецептура и технологический процесс производства нового вида обогащенного мягкого сыра без созревания в двух вариантах, с определением качественных показателей готовой продукции.

Список литературы

1. Батурин А.К. Питание и здоровье: проблемы XXI века / А.К. Батурин, Г.И. Мендельсон // Пищевая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 20-25.
2. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese / A. C. Moynihan et al // Journal of Dairy Science. – 2014. – Vol. 97, № 1. – P. 85-96. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7081>.
3. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms / C. Caleja et al // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 199. – P. 720-726. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>.

4. Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties / C.T. Pasini Deolindo et al // LWT. – 2019. – Vol. 115. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108493>.
5. Basil as functional and preserving ingredient in «Serra da Estrela» cheese / M. Carocho et al // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 207. – P. 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.085>.
6. Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity / M.C. Abeijón Mukdsi et al // Journal of Functional Foods. – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 801-809. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.026>.
7. Иванов В. Факторы, влияющие на качество сырого молока / В. Иванов, Л. Гуркина, М. Алигаджиев // Молочное и мясное скотоводство. 2011. – № 8. – С. 23-24.
8. Численность крупного рогатого скота в РК по данным Национального бюро статистики Агентство по стратегическому планированию и реформам РК.
9. Волохов И.М. Взаимосвязь качества твердых сыров с генотипом животных по каппа-казеину / И.М. Волохов и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 4. – С. 34-37.
10. Абрамова Н.И. Влияние породной принадлежности коров на качественные показатели молока / Н.И. Абрамова // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 3(39). – С. 12-21.
11. Чеченехина О.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения / О.С. Чеченехина // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 1(37). – С. 90-102.
12. <https://baibolsyn.kz/ru/zhivotnye/kazahskaya-belogolovaya-kazakh-whiteheaded-cattle>.
13. <https://kz.kursiv.media/2019-03-16/kak-budet-razvivatsya-apk-v-pavlodarskoy-oblasti>.
14. ТУ 9811-153-0461-0209-2014 «Молочное сырье для производства сыра».
15. ГОСТ ISO 11815-2015. Молоко. Определение общей молочной свертывающей активности фермента. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.

References

1. Baturin A.K. Pitanie i veroyatno zdorov'e: kolichestvo problemy biologicheski XXI diacetylactis veka / A.K. vysshego Baturin, G.I. vrashcheniya Mendel'son // Pishchevaya titruemaya promyshlennost'. – 2005. – № 5. – S. 20-25. (In Russian).
2. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese / A. C. Moynihan et al // Journal of Dairy Science. – 2014. – Vol. 97, № 1. – R. 85-96. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7081>. (In English).
3. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms / C. Caleja et al // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 199. – P. 720-726. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>. (In English).
4. Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties / C.T. Pasini Deolindo et al // LWT. – 2019. – Vol. 115. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108493>. (In English).
5. Basil as functional and preserving ingredient in «Serra da Estrela» cheese / M. Carocho et al // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 207. – P. 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.085>. (In English).
6. Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity / M.C. Abeijón Mukdsi et al // Journal of Functional Foods. – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 801-809. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.026>. (In English).
7. Ivanov V. Faktory, vliyayushchie na kachestvo syrogo moloka / V. Ivanov, L. Gurkina, M. Aligadzhiev // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2011. – № 8. – S. 23-24. (In Russian).
8. Chislennost' krupnogo rogatogo skota v RK po dannym Nacional'nogo byuro statistiki Agentstvo po strategicheskemu planirovaniyu i reformam RK. (In Russian).
9. Volohov I.M. Vzaimosvyaz' kachestva tverdyh syrov s genotipom zhivotnyh po kappa-kazeinu / I.M. Volohov i dr. // Syrodelle i maslodelle. – 2012. – № 4. – S. 34-37. (In Russian).
10. Abramova N.I. Vliyanie porodnoj prinadlezhnosti korov na kachestvennye pokazateli moloka / N.I. Abramova // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2020. – № 3(39). – S. 12-21. (In Russian).
11. Chechenekhina O.S. Biologicheskie i produktivnye osobennosti korov cherno-pestroj porody pri razlichnoj tekhnologii doeniya / O.S. Chechenekhina // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2020. – № 1(37). – S. 90-102. (In Russian).
12. <https://baibolsyn.kz/ru/zhivotnye/kazahskaya-belogolovaya-kazakh-whiteheaded-cattle>. (In Russian).
13. <https://kz.kursiv.media/2019-03-16/kak-budet-razvivatsya-apk-v-pavlodarskoy-oblasti>. (In Russian).

14. TU 9811-153-0461-0209-2014 «Molochnoe syr'e dlya proizvodstva syra». (In Russian).
15. GOST ISO 11815-2015. Moloko. Opredelenie obshchej molochnoj svertyvayushchej aktivnosti fermenta. – M.: Standartinform, 2019. – 15 s. (In Russian).

Б.С. Туганова*, К.М. Омарова

Торайғыров университеті,
140003, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., Ломова көшесі, 64
*e-mail: tuganova65@inbox.ru

ПАВЛОДАР ӨҢІРІНІҢ СИЫР СҮТІНІҢ СЫР ЖАСАУҒА ЖАРАМДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ НЕГІЗІНДЕ БАЙЫТЫЛҒАН ЖҰМСАҚ СЫР ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Бұл мақалада Павлодар өңірінің түрлі тұқымды сиырларының сүтінің ірімшік жарамдылығына жүргізілген зерттеулердің нәтижелері және функционалдық мақсаттағы байытылған жұмсақ ірімшіктің жаңа түрін өндіру технологиясын әзірлеу және жетілдіру Көрсетілген. ҒЗЖ бірінші кезеңінде өсімдік тектес шикізатты пайдалана отырып, табиғи жұмсақ ірімшік өндіру технологиясының даму тенденциясы мәселелері бойынша арнайы және ғылыми-техникалық және патенттік әдебиеттерге шолу жасалды. Бұдан әрі ғылыми-зерттеу жұмысын орындау барысында Павлодар өңірінің «Симментальская», «Красная Степная» және «Казахская ақбас» сиырларының 3 тұқымы сүтінің ірімшікке жарамдылығына эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша байытылған жұмсақ ірімшік өндіру үшін негізгі шикізат ретінде «Симментальская» сиыр сүті таңдалды. Содан кейін «Симментальская» сиырларының ірімшікке жарамды сүті мен «Красная Степная» сиырларының ірімшікке жарамсыз сүтінің әртүрлі қатынастардағы қоспасының бірнеше нұсқалары жасалды (90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50) тиісінше ірімшік сүтінің таңдалған нұсқаларын іріктелген ашытқылар мен сарыгүлді қолдана отырып, сарыгүлді коагуляциялау процесі зерттелді ферменттер. Алынған нәтижелерге сәйкес, «табиғи Реннет» ферменті мен «Lactoferm ECO» стартері де әртүрлі сүт қоспаларын ұюдың өте жоғары белсенділігіне ие екендігі анықталды. «Симментальская» сиырларының ірімшікке жарамды сүтінің және «қызыл дала» сиырларының ірімшікке жарамсыз сүтінің қоспасын (60/40 және 50/50) коагуляциялау кезіндегі титрленетін қышқылдықтың өзгеру динамикасы титрленетін қышқылдық бойынша ең жоғары көрсеткішке жетті. Әрі қарай, Функционалды тамақтану үшін байытылған жұмсақ ірімшіктің жаңа түрінің рецептурасындағы функционалды компоненттер ретінде өсімдік тектес қоспаларды таңдау және негіздеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша байытылған жұмсақ ірімшікті алу үшін функционалдық қосымша ретінде сүт – өсімдік құрамы (сүт – ақуыз ұйыған және көкөніс пастасы) әзірленді және оның байытылған жұмсақ ірімшіктің құрамдас құрамындағы концентрациясы анықталды. Нәтижесінде 2-4% ноқат пастасы бар жұмсақ ірімшік үлгілері таңдалды. Өсімдік толтырғышының дозасы 6-10% жоғарылаған кезде органолептикалық көрсеткіштердің нашарлауына, яғни бұршақ компонентінің шамадан тыс айқын дәміне әкелетіні анықталды.

Түйін сөздер: Павлодар өңірінің сиыр тұқымдары, жаңа сиыр сүті, ірімшікке жарамдылығы, бүйрек-ашыту сынамасы, ашытқы дақылдары мен ферменттік препараттар, рецептура және технологиялық процесс.

B.S. Tuganova*, K.M. Omarova

Toraigyrov University
140003, Kazakhstan, Pavlodar, Lomova str., 64
*e-mail: tuganova65@inbox.ru

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF ENRICHED SOFT CHEESE BASED ON THE STUDY OF THE SUITABILITY OF COW'S MILK FOR CHEESE PRODUCTION IN PAVLODAR REGION

This article reflects the results of the conducted research on the cheese suitability of milk from cows of different breeds of the Pavlodar region and the development and improvement of production technology for a new type of enriched soft cheese for functional purposes. At the first stage of the research, a review of special and scientific, technical and patent literature was conducted on the trend in the development of technology for the production of natural rennet soft cheese using raw materials of vegetable origin. Further, in the course of the research work, experimental studies were conducted on the suitability of milk from 3 breeds of cows of the Pavlodar region «Simmental», «Red Steppe» and «Kazakh white-headed» for rennet coagulation. According to the results of the conducted research, cow's milk of the Simmental breed was selected as the main raw material for the production of enriched soft cheese. Then several variants of a mixture of good-quality milk of cows «Simmental» and less good-quality milk of cows of the breed «Krasnaya Stepnaya» were compiled in various ratios (90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50) and accordingly, the process of rennet coagulation of selected variants of raw milk using selected starter cultures and rennet was investigated enzymes. According

to the results obtained, it was also found that the enzyme «Natural Rennet» and the starter culture «Lactoferm ECO» also have a very high coagulation activity of various milk mixtures. The dynamics of changes in titrated acidity during coagulation of a mixture (60-40 and 50-50) of raw milk from cows of the Simmental breed and less raw milk from cows of the Krasnaya Stepnaya breed reached the maximum index for titrated acidity. Further, studies were conducted on the selection and justification of additives of plant origin – as functional components in the formulation of a new type of enriched soft cheese for functional nutrition. According to the results of the research, a milk – vegetable composition (milk – protein clot and vegetable paste) was developed as a functional additive for the production of enriched soft cheese and its concentration in the component composition of enriched soft cheese was determined. As a result, samples of soft cheese with chickpea paste in the amount of 2-4% were selected. It was found that with an increase in the dose of vegetable filler of 6-10% leads to a deterioration in organoleptic parameters, i.e. an overly pronounced taste of the bean component.

Key words: breeds of cows of the Pavlodar region, fresh cow's milk, cheese suitability, rennet – fermentation sample, starter cultures and enzyme preparations, formulation and technological process.

Сведения об авторах

Бакыт Сагатовна Туганова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Биотехнология», Торайгыров университет, Казахстан; e-mail: tuganova65@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0082-4061>.

Карина Маратовна Омарова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент) кафедры «Биотехнология», Торайгыров университет, Казахстан; e-mail: karinaomarova@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-5477>.

Авторлар туралы мәлеметтер

Бакыт Сагатовна Туганова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Биотехнология» кафедрасының профессоры; Торайгыров университеті, Қазақстан; e-mail: tuganova65@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0082-4061>.

Карина Маратовна Омарова – техника ғылымдарының кандидаты, «Биотехнология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (доцент); Торайгыров университеті, Қазақстан; e-mail: karinaomarova@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2726-5477>.

Information about the authors

Bakyt Tuganova* – candidate of technical sciences, professor of the department of Biotechnology; Toraigyrov University, Kazakhstan; e-mail: tuganova65@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0082-4061>.

Karina Omarova – candidate of technical sciences, associate professor of the department of Biotechnology, Toraigyrov University, Kazakhstan; e-mail: karinaomarova@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-5477>.

Поступила в редакцию 11.10.2024

Поступила после доработки 21.11.2024

Принята к публикации 22.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-28](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-28)

FTAXP: 65.33.29



Б.М. Кулуштаева*, Г.Т. Жуманова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, А.О. Утегенова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі 20 А

*e-mail.ru: kulushtaeva_89@mail.ru

КОМПОЗИТТІК ҰННАН АЛЫНҒАН ГЛЮТЕНСІЗ НАННЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа: Тағам қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі саяси, әлеуметтік, техникалық, экономикалық, медициналық және т.б. аспектілерді өзіне қосады. Тағам қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған көптеген сараптамалық құралдар бар, ол техникалық реттеу. Техникалық реттеу өнім мен процеске міндетті және ерікті талаптарды қалыптастыру кезінде, сондай-ақ реттеу нысандарына талапқа сай сәйкестендірілген баға қою және өзара қатынастардың құқықтық негізі болып табылады. Тағам өнімдерінің сапасы белгіленген техникалық регламентке, стандарттарға,

көрсеткіштерге сәйкестілігімен тексеріліп анықталады. Себебі, әрқашанда тамақ өнімдерінде басты талап – тағам қауіпсіздігі болып саналады.

Тамақтану халықтың денсаулығын көрсететін маңызды факторлардың бірі. Дұрыс тамақтану әр түрлі аурулардың алдын алуға, адамдардың өмірін ұзартуға, жұмыс қабілетін арттыруға ықпал етеді. Нан Қазақстан халқының тамақтануында ерекше орын алады, себебі ол күнделікті тұтынатын өнім болып табылады. Тек қана нан-тоқаш өнімдерінің есебінен 30% ағзаға энергетикалық қажеттіліктер алады, ал 20-30%-ға дейін өсімдік тектес ақуыздардан және 30%-ға дейін көмірсулардан алынатындығы айқындалған.

Алайда дәстүрлі нан сұрыптары адам ағзасына теріс әсер етіп, целиакия ауруын қоздырады. Соңғы он жылда астық тұқымдас ақуыз-глютенді адам ағзасы көтере алмаушылық мәселесіне ғалымдар аса назар аударуда. Құрамында глютені бар кез-келген тамақты тұтыну салдарынан аллергиямен ауыратын адамдардың саны өсуде. Статистикалық мәліметтерге сүйенетін болсақ, 262 адамнан 1 адам ауыратын болып шыққан. Глютенге деген аллергия көптеген басқа да аллергия түрлерінен айырмашылығы, ол асқазан-ішек жұмысының елеулі бұзылуына әкеп соқтыру мүмкіндігінде.

Целиакия ауруымен ауыратын тұрғылықты адамдардың денсаулық жағдайын зерттеу нәтижесінде, глютенсіз тамақ өнімдерін қажет ететін адамдардың едәуір контингенттерінің бар екенін көрсетті. Осы тұрғыда қарағанда глютенсіз нан-тоқаш өнімдерінің түрлеріне, яғни рецептураға әртүрлі глютенсіз шикізат түрлерін енгізудің арқасында пайдалы қасиеттері бар өнім шығару көзделі.

Түйін сөздер: глютенсіз нан, жаңа өнім, композиттік ұн, технология, өндіру, қауіпсіздік, целиакия, ассортимент.

Кіріспе

Қазақстанда азық-түлік қауіпсіздігінің мәселесі басты жолға қойылған, соның ішінде, тағам өнімдерінің ассортименттеріне деген сұраныстың артуына байланысты қауіпсіз нан өнімдерін өндіру маңызды болып табылады.

Тағам өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі саяси, әлеуметтік, техникалық, экономикалық, медициналық және т.б. аспектілерден тұрады. Тағам өнімінің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған көптеген сараптамалық құралдардың бірі, ол – техникалық реттеу. Техникалық реттеу өнім мен процеске міндетті және ерікті талаптарды қалыптастыру кезінде, сондай-ақ реттеу нысандарына талапқа сай сәйкестендірілген баға қою және өзара қатынастардың құқықтық негізі болып табылады. Тағам өнімдерінің сапасы белгіленген техникалық регламентке, стандарттарға, көрсеткіштерге сәйкестілігімен тексеріліп анықталады. Себебі, қашанда тамақ өнімдеріне қойылатын басты талап – тағам қауіпсіздігі болып саналады. Нарықтық экономиканың жетілуіне қарамастан әр елде тағам қауіпсіздігі мен сапасы туралы мәселе көкейкесті сұрақ болып қала береді [1].

Тамақтану халықтың денсаулығын көрсететін маңызды факторлардың бірі. Дұрыс тамақтану әр түрлі аурулардың алдын алуға, адамдардың өмірін ұзартуға, жұмыс қабілетін арттыруға ықпал етеді. Нан Қазақстан халқының тамақтануында ерекше орын алады, себебі ол күнделікті тұтынатын өнім болып табылады. Қазақстандықтардың тек қана нан-тоқаш өнімдерінің есебінен 30% ағзаға энергетикалық қажеттіліктер алады, ал 20-30%-ға дейін өсімдік тектес ақуыздардан және 30%-ға дейін көмірсулардан алынатындығы айқындалған [2].

Алайда дәстүрлі нан сұрыптары адам ағзасына теріс әсер етіп, целиакия ауруын қоздырады. Соңғы он жылда астық тұқымдас ақуыз-глютенді адам ағзасы көтере алмаушылық мәселесіне ғалымдар аса назар аударуда. Себебі, құрамында глютені бар кез-келген тамақты тұтыну салдарынан аллергиямен ауыратын адамдардың саны өсуде. Глютенге деген аллергияның көптеген басқа да аллергия түрлерінен айырмашылығы, ол асқазан-ішек жұмысының бұзылуына әкеліп соқтыруында [3, 4].

Целиакия ауруымен ауыратын тұрғылықты адамдардың денсаулық жағдайын зерттеу нәтижесі глютенсіз тамақ өнімдерін қажет ететін адамдардың едәуір контингенттерінің бар екенін көрсетті. Осы тұрғыдан қарағанда глютенсіз нан-тоқаш өнімдерінің түрлеріне, яғни рецептураға әртүрлі глютенсіз шикізат түрлерін енгізудің арқасында пайдалы қасиеттері бар өнім түрлерін шығарудың сұраныста болатыны жайлы болжауға болады. Осы орайға байланысты жұмыстың мақсаты композиттік ұны бар глютенсіз нан өнімін зерттеу.

Зерттеу әдісі

Композиттік ұн мен глютенсіз жаңа нан өнімінің органолептикалық көрсеткіштері МЕСТ 5667-65 бойынша, тағамдық және биологиялық құндылықтары МЕСТ 9404-88, МЕСТ 27494-87, МЕСТ 27493-87, МЕСТ 15113.6-77, МЕСТ 10846-91 бойынша жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Тағамның сапасын анықтаудың негізгі әдістерінің бірі – органолептикалық әдіс. Бұл әдістің артықшылығы көрсеткіштерді арнайы құрылғыларсыз жылдам анықтауға болады. Өнімді бағалағанда, алдымен сыртқы түрін, пішінін, түсі, жылтырлығы, мөлдірлігі, құрылымы, дәмі және басқа қасиеттерін анықтайды [5].

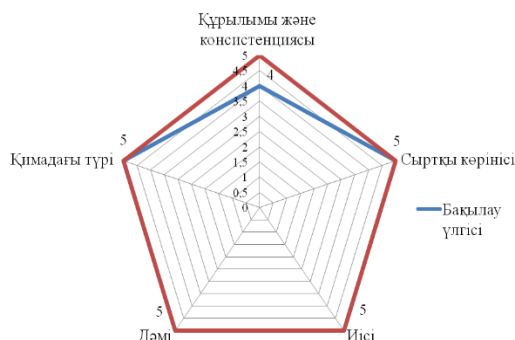
Дәстүрлі емес өсімдік шикізатының, атап айтқанда, амарант және ноқат ұнымен, бидай крахмалының қоспасынан алынған жаңа композиттік ұнның және глютенсіз нанның формуласын негіздеу үшін 1-ші кестеде келтірілген органолептикалық сипаттамалары зерттелді.

Кесте-1 – Жаңа композиттік ұнның және глютенсіз нанның органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы	Композиттік ұн		Глютенсіз нан	
	Зерттеу нәтижесі			
	Бақылау Үлгісі	Тәжірибиелік Үлгі	Бақылау Үлгісі	Тәжірибиелік үлгі
Түсі	Ақ түс, сарғыш түсті		Ақшыл – қоңыр	Қоңыр
Дәм	Амарант ұнға тән	Ұнға тән, бөгде дәмі жоқ, қышқыл емес, ащы емес	Амарант ұн өнімдеріне тән	Өзіне тән, ешқандай бөгде дәм жоқ
Иісі	Амарант ұнға тән иіс	Өзіне тән, бөгде иісі жоқ, борсымаған, көгермеген	Өзіне тән, ешқандай бөгде иіс жоқ	
Нанның сыртқы түрі:				
Пішіні	-	-	Нан пішініне сәйкес келеді, бүйірлері шықпаған	
Сыртқы түрі	-	-	Тегіс, ешқандай жарықтар мен тесіктер жоқ	
Нанның жұмсағының жағдайы:				
Пісуі	-	-	Көлденең, қолға ұстағанда дымқыл емес	
Иленуі	-	-	Ешқандай түйірсіз және жетілдіріліп иленген	

Бұл кесте мәліметтеріне қарап, алынған жаңа композиттік ұн сапалы ұн деп айтуға болады, себебі, ұнның өзіне тән иісі бар. Ащы дәм байқалмады, өйткені ұнда альдегидтер мен кетондардың жиналуы нәтижесінде қалыптасатын майдың ашуы процесі жүрмейді, бұл зерттеу үлгісінде де дәлелденді. Органолептикалық сипаттамалар бойынша зерттеу кезінде құрамында ұн композициясы стандарт талаптарына толық сәйкес келеді.

Сонымен қатар 1 суретте бақылау үлгісі мен глютенсіз нанды сақтау барысында ылғалдылықтың, массаның және құрылымдық-механикалық көрсеткіштердің өзгерістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді.



Сурет 1 – Сақтауда глютенсіз нанның органолептикалық көрсеткіштерінің өзгеруі

Бақылау үлгісінде нанның жұмсағының жалпы деформациясы мен икемділігі төмендеді, ал глютенсіз нанда құрылымдық-механикалық көрсеткіштердің баяу өзгергендігін байқауға болады. 120 сағаттан кейін глютенсіз нанның жалпы деформациясы бақылау үлгісімен салыстырғанда 12%-ға жоғары болды, яғни оны сақтау ұзақтығы бақылау үлгісімен салыстырғанда 24 сағатқа ұлғайтылуы мүмкін. Глютенсіз нанның ылғалдылығы төмен болған жағдайда барлық сақтау кезеңі ішінде бақылау үлгісімен салыстырғанда екі үлгідегі ылғалдылықтың төмендеу қарқыны елеусіз ерекшеленді. Сақтау кезінде құрылымдық-механикалық көрсеткіштердің ең үлкен өзгерістері бақылау үлгісінде болды.

Нанның пайдалы және қоректік құндылығын сипаттайтын негізгі физика-химиялық көрсеткіштерге ылғалдылық, қышқылдық және кеуектілік кіреді (кесте 2). Нанның қышқылдығы мен ылғалдылығын гигиеналық тұрғыдан арттыру бағытында өзгерту қажет емес, өйткені ылғалдылық пен органикалық қышқылдардың жоғарылауы дәмге кері әсер етеді және нанның тағамдық құндылығын төмендетеді. Қышқылдылығы жоғары нан өнімдерін қолдану асқазан-ішек жолдары және гастрит және т.б. аурулармен зардап шегетін адамдардың ауруын асқындырып жіберуі мүмкін.

Кесте-2 – Жаңа композиттік ұнның және глютенсіз нанның физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	100 г өнімді зерттеу нәтижесі			
	композиттік ұн		глютенсіз нан	
	бақылау үлгі	тәжірибиелік үлгі	бақылау үлгі	тәжірибиелік үлгі
Ылғалдылық %, көп емес	14	13,7	45,5	44,5
Қышқылдық, ° Т	2,9	2,7	1,4	1,4
Кеуектілік %,	–	–	46,5	77,0
Минералды бөгде қоспаның болмауы	Органолептикалық әдіспен талдау кезінде байқалмады		–	
Металлмагнитті қоспа, мг/кг	Табылмады		–	

Зерттеудің нәтижесі бойынша ұнның ылғалдылығы бақылау үлгісіне қарағанда аз, сондықтан ол ұнның сақталу мерзіміне оң әсерін тигізеді. Ұнның қышқылдығы жоғары болған кезде, оның балғындығын өзгертеді, ал тәжірибелік үлгіде көрсеткіші бақылау үлгісінен аз, минералды заттардың мөлшері бақылау үлгісінен көп болып келеді, сондай-ақ металлмагниттік қоспалар анықталмады, өйткені оның тағам құрамында адамның ағзасында атрофияның дамуы және шырышты қабықтың қабынуы және асқазан қабырғасының қабынуының маңызды мүшелерінің зақымдалуынан бірнеше күрделі ауруларға әкелуі мүмкін. Дайын өнімде металлмагнитті қоспалардың болуы өте қауіпті. Өткір кесу жиектері бар бөлшектер өте қауіпті болып табылады [6, 7]. Металлмагниттік қоспалар мөлшерден жоғары болған кезде, ұн сапасыз және қауіпті болып танылады, оны тамаққа қолданбайды.

Адам ағзасының қалыпты жұмыс істеуі үшін тамақтану барысында ақуыз, көмірсулар, майлар, дәрумендер, минералдар және микроэлементтер сияқты негізгі компоненттері қажет. Азық-түлік өнімдерін бағалау кезінде 3-ші кестеде көрсетілген қоректік құндылық көрсеткіштері ескеріледі.

Кесте-3 – Жаңа композиттік ұнның және глютенсіз нанның тағамдық құндылығының көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	100 г өнімдегі мөлшері			
	композиттік ұн		глютенсіз нан	
	бақылау үлгісі	тәжірибелік үлгі	бақылау үлгісі	тәжірибелік үлгі
Ақуыздың массалық үлесі, г	4,6	6,22	4,91	4,97
Майдың массалық үлесі, г	1,25	0,75	1,64	0,92
Көмірсудың массалық үлесі, г	75,0	78,7	47,5	47,71
Құрғақ заттардың құрамын дағы күл мөлшері, % көп емес	0,52	0,63	1,8	1,9

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Өзірленген композиттік ұнның ағза үшін энергияның бастапқы көзі болып табылатын жоғары көмірсулардың мөлшері бар және кез келген салауатты диетаның маңызды бөлігі болып табылады, бақылау үлгісінен қарағанда зерттелген өнім жоғары нәтижені көрсетті [8, 9].

Глютенсіз нанның тағамдық құндылығына тоқтала кетсек, мұнда ақуыз және көмірсуларды атап өтуге болады, өйткені кестеде көріп тұрғандай мөлшері бақылау үлгісінен жоғары. Ақуыздың ағзаға маңызы зор, бүйрек және бауыр жұмысын қалыпқа келтіре отырып иммунитетті жақсартып тұра инфекциялармен күреседі. Көмірсулар ағзада ақуыз сияқты маңызды функцияны орындап айырбастау процестерін қалпына келтіруге баға жетпес көмек көрсетеді. Қазіргі уақытта Қазақстанда глютенсіз нан жасау өзекті тақырыптардың бірі.

Қорытынды

Композиттік глютенсіз ұнды глютенсіз нан өндірісінде қолдану ассортиментті кеңейтуге ғана емес, сондай-ақ өнімнің физикалық-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл нанның тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді, бұл әсіресе глютенсіз диетаны сақтайтын адамдар үшін маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Смагулова Г.С. Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері / Г.С. Смагулова // ҚазККА Хабаршысы. – 2018. – № 1(104). – Б. 341-349.
2. Алиев Т.М. Динамика уровня жизни населения в Казахстане (потребление продуктов питания) / Т.М. Алиев // Вестник Московского университета. – 2012. – № 13. – С. 16-33.
3. Бельмер С.А. Непереносимость глютена и показания к безглютеновой диете / С.А. Бельмер, А. Хавкин // Врач. – 2011. – № 5. – С. 17-21.
4. Compliance of adolescents with coeliac disease with a gluten free diet / M. Mayer et al // Gut. – 1991. – Vol. 32, № 8. – P. 881-885.
5. Селина Н.И. Технохимический контроль: учебно-методическое пособие / Н.И. Селина. – Омск, 2012. – 64 с.
6. Комплексное исследование нового вида хлеба / Б.М. Кулуштаева и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2019. – № 2. – С. 33-38.
7. Анализ качества безглютенового хлеба / Б.М. Кулуштаева и др. // Вестник ГУ имени Шакарима г. Семей. – 2019. – № 1(85). – С. 158-161.
8. Technology of production, nutritional value and food safety of gluten free bread / B. Kulushtayeva et al // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – № 7. – P. 1338-1344.
9. Production of wheat starch for inclusion in the formulation of bread ensuring food safety of the product / B.M. Kulushtayeva et al // Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Магнитогорск, 2019. – С. 84-88.
10. Кулуштаева Б.М. Композициялық ұн қосылған глютенсіз нанның қауіпсіздігін қамтамасыз ету: дис. PhD: 6D073500 – Тағам қауіпсіздігі / Кулуштаева Ботакоз Манарбековна; Шәкәрім универ.; ғыл. жет. Г.Н. Нұрымхан. – Семей, 2023. – 178 б.

Б.М. Кулуштаева*, Г.Т. Жуманова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, А.О. Утегенова

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, Глиники 20 А
*e-mail.ru: kulushtayeva_89@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА ИЗ КОМПОЗИТНОЙ МУКИ

Обеспечение безопасности пищевых продуктов охватывает политические, социальные, технические, экономические, медицинские и другие аспекты. Существует множество аналитических инструментов для обеспечения безопасности продуктов питания, среди которых важную роль играет техническое регулирование. Оно формирует обязательные и добровольные требования к продуктам и процессам, а также является правовой основой для установления цен, соответствующих этим требованиям, и взаимоотношений сторон. Качество пищевых продуктов проверяется на соответствие установленным техническим регламентам, стандартам и показателям. При этом основным требованием к продуктам питания всегда остается их безопасность.

Питание является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье населения. Правильное питание способствует профилактике различных заболеваний, увеличивает продолжительность жизни и повышает работоспособность. Хлеб занимает особое место в рационе казахстанцев, так как он является основным продуктом питания. Согласно данным,

хлебобулочные изделия обеспечивают около 30% энергетических потребностей организма, а также до 20-30% растительных белков и до 30% углеводов.

Однако традиционные сорта хлеба могут негативно влиять на здоровье и вызывать целиакию. В последние десять лет ученые уделяют особое внимание проблеме непереносимости глютена, содержащегося в злаковых. Число людей, страдающих аллергией на продукты, содержащие глютен, продолжает расти. Согласно статистике, 1 из 262 человек сталкивается с этой аллергией. Аллергия на глютен, в отличие от многих других видов аллергий, может привести к серьезным нарушениям работы желудочно-кишечного тракта.

Результаты исследования здоровья людей, страдающих целиакией, показали наличие значительного числа людей, нуждающихся в безглютеновых продуктах питания. В этом контексте предполагается разработка полезных безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием различных видов безглютенового сырья в рецептуре.

Ключевые слова: безглютеновый хлеб, новый продукт, композитная мука, технология, производство, безопасность, целиакия, ассортимент.

B.M. Kulushtayeva*, G.T. Zhumanova, A.S. Kambarova, Z.M. Atambaeva, A.O. Utegenova

Shakarim University, Semey City,
071412, Republic of Kazakhstan, 20 A Glinky Street
*e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru

QUALITY ASSESSMENT OF GLUTEN-FREE BREAD MADE FROM COMPOSITE FLOUR

Ensuring food safety encompasses various political, social, technical, economic, medical, and other aspects. There are numerous analytical tools available for this purpose, among which technical regulation plays a crucial role. It establishes both mandatory and voluntary requirements for products and processes, serving as a legal foundation for setting prices that comply with these standards, as well as for governing relationships between stakeholders. The quality of food products is assessed for conformity with established technical regulations, standards, and specifications, with safety remaining the primary concern.

Nutrition is a key factor influencing public health. Proper dietary practices help prevent various diseases, enhance life expectancy, and improve overall productivity. Bread occupies a vital role in the diet of Kazakhstanis, as it is a staple food. Data indicate that baked goods contribute approximately 30% of the body's energy requirements, along with 20-30% of plant-based proteins and up to 30% of carbohydrates.

However, traditional bread varieties can adversely affect health and may trigger celiac disease. Over the past decade, researchers have increasingly focused on the issue of gluten intolerance found in cereals. The prevalence of individuals allergic to gluten-containing products is on the rise, with statistics showing that 1 in 262 people is affected. Unlike many other allergies, gluten allergy can lead to severe gastrointestinal disruptions.

Studies on the health of individuals with celiac disease reveal a significant demand for gluten-free food products. In this context, there is a proposal to develop beneficial gluten-free baked goods by incorporating various types of gluten-free raw materials into the recipes.

Key words: gluten-free bread, new product, composite flour, technology, production, safety, celiac disease, assortment.

Авторлар туралы мәліметтер

Ботакос Манарбековна Кулуштаева* – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Гульнара Токеновна Жуманова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технология» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Асия Оразбековна Утегенова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Сведения об авторах

Ботакос Манарбековна Кулустаева* – PhD, старший преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Гульнара Токеновна Жуманова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – старший преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Асия Оразбековна Утегенова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Information about the authors

Botakoz Manarbekovna Kulushtaeva* – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Gulnara Tokenovna Zhumanova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Arai Saginbekovna Kambarova* – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Zhibek Manapovna Atambayeva – Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Assiya Orazbekovna Utegenova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Редакцияға енуі 22.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 30.10.2024

Жариялауға қабылданды 31.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-29](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-29)



FTAXP: 63.35.03



**З.И. Кобжасарова¹, З.Т. Нұрсеитова¹, М.К. Касымова¹, Г.Э. Орымбетова^{2*},
Б.Т. Ешімбетова¹**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан, Шымкент, Тауке хан даңғ., 5

²Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы,
160019, Қазақстан, Шымкент, Ал-Фараби ал., 1

*e-mail: orim_77@mail.ru

ҚАРАҚҰМЫҚ ҰНЫ ҚОСЫЛҒАН БИСКВИТ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТАРЫН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ

Аңдатпа: Мақалада бидайдың ұны қарақұмықтан алынған ұнмен алмастырып бисквит дайындау келтірілген. Жалпы жұмыстың мақсаты-қарақұмық ұнын пайдаланып бисквит өнімінің құрамын байыту.

Дұрыс тамақтана білу мәселесі әлемдегі көптеген елдердің тамақ өндірушілеріне тікелей қатысты. Қарақұмық ұны глютенсіз өнімдердің негізі болып табылады және кондитерлік өнімдерді өндіру технологиясын жетілдіру отандық өндірілетін глютенсіз азық-түлік өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге және оларды тұтынушылардың үлкен шеңберіне қолжетімді етуге мүмкіндік береді. Жергілікті өсімдіктің шикізатын қолдана

отырып, эксперименттік зерттеулер нәтижесінде алынған бисквит өндіру технологиясы адам ағзасы үшін өте маңызды, пайдалы болады. Қарақұмықтан алынған ұн қосылған бисквит жартылай фабrikатын өндірудің рецептурасы мен технологиясы әзірленді. Әзірленген бисквит жартылай фабrikатының сапалық көрсеткіштері зерттелді. Бисквит жартылай фабrikатын алу үшін қарақұмық ұны мен бидай ұнының әртүрлі қатынастары қарастырылды. Бисквит өндірісінің технологиялық параметрлері жасалды, өйткені құрамында бисквит үшін дәстүрлі түрде қолданылатын бидай ұны қарақұмық ұнына ауыстырылды.

Қарақұмықтан өндірілген ұнының бисквит өнімінің сапасына тигізетін әсері зерттелді. Бисквит өнімдерінің сапалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік беретін негізгі шикізаттың және байытылған қоспалардың дәстүрлі емес түрлерінің оңтайлы мөлшерлері негізделген, оның ішінде органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштер. Бисквит жартылай фабrikаттарының ассортиментін жетілдіру мәселелері қарастырылды. Бисквит жартылай фабrikаттарына берілген шолуда бидай ұнын дәстүрлі емес ұнға ауыстыру өнімнің сапасын жақсартады және олардың тағамдық құндылығын арттырады.

Түйін сөздер: бисквит, қарақұмық ұны, қамыр, өнім, ұн, органолептикалық сапа көрсеткіштері, рецептура.

Кіріспе

Арнайы мақсаттағы бисквит өнімдерінің ассортиментін кеңейту саласындағы әзірлемелерді шартты түрде топтарға бөлуге болады: байытылған және мамандандырылған (рецептураға қосымша компоненттерді енгізу есебінен). Мамандандырылған өнімдер тобы соңғы жылдары кеңейіп келеді, диеталық және емдік тамақтануға арналған өнімдер әзірленді [1]. Байытылған өнімдерді өндіру үшін өсімдік шикізатын таңдау критерийлерінің бірі азық-түлік құндылығын арттыру арқылы ассортиментті кеңейту мүмкіндігі болып көрсетіледі, сондай-ақ өнім сапасы өнімдерді пайдаланытын нарықта тұрақтылықты қамтитын ең негізгі фактор болады [2]. Ғылыми жұмыста бидайдың ұнын дәстүрлі емес ұнның түрімен алмастыра отырып жасалған бисквит жартылай фабrikаттарының ассортименті талданды [3]. Физика-химиялық және реологиялық сипаттамасына байланысты асқабақ тұқымынан жасалған ұндарда кондитер өндірісінде кеңінен қолданылады [4]. Жұмыс нәтижелері функционалды, глютенсіз өнімдерді өндіру мүмкіндігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді [5].

Бидай кебегінің химиялық құрамы әртүрлілікке, қоршаған орта жағдайларына және т. б. байланысты, сондықтан кебек бидай дәнінің сапасы үшін маңызды фактор болып табылады [6]. Қарақұмық ұнының жарқын дәмі бар жұмсақ бисквит кеуекті және әуе болып шығады, салқындағаннан кейін торттарға оңай кесіледі. Ұннан жасалған кондитерлік өнімдер ақуызбен, маңызды аминқышқылдарымен, талшықтармен, минералдармен байытылады [7]. Азық-түлік өнімдерін пайдаланғанда ең жоғары перспективалысы қарақұмық ұны болып табылады. Қарақұмық ұны өнімдердің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыратын көз ретінде кеңінен қолданылады [8]. Бидайдан айырмашылығы, қарақұмық ұны адамға керекті макро-микроэлементтер, құнарлы заттар мен талшықтардың түріне өте бай [9]. Сондай ақ, қарақұмықтан алынған ұн жүректің қантамырларына оң әсер етіп, қанның құрамындағы холестерин мөлшерін төмендетеді. Жұмыста бидай ұнының бір бөлігін қарақұмыққа ауыстыра отырып, бисквит өнімі жасалды. Пішінге төзімділік, кеуектілік және меншікті көлем бойынша ең жақсы параметрлерде рецептураға 10, 15, 20, 25% қарақұмық ұны енгізілді.

Зерттеу әдістері

Зерттеу нысандары: – қарақұмық ұны (МЕМСТ Р 31645-2012.); – қарақұмық ұны қосылған және қосылмаған бисквит қамыры (Бисквитке арналған бірыңғай рецепт (ТУ 9134-026-35559904-2015). Алынған зерттеу үлгілері мен дайын өнімдер жалпы қабылданған зерттеу әдістерін қолдана отырып зерттелді. Органолептикалық көрсеткіштер жалпы қабылданған әдістер бойынша зерттелді. Зерттеу үлгілері МЕСТ 14621-78 бисквитті рулеттер және МЕСТ 5900-2014 кондитерлік өнімдер. (Ылғал мен құрғақ заттарды анықтау әдістері) стандарттары бойынша салыстырылды. Қамырды дайындау. Қыздырусыз түйіршіктелген қант қосылған меланж алдын ала қыздырып 40°C дейін бұлғап, араластыратын машинаға салып төмен, сосын жоғары жылдамдықпен 30-40 минут аралығында көлемі 2,5-3 есе ұлғайғанша араластырылады. Ұн 2-3 мөлшер шамасында қосылады. Бұлғаннан соң қамыр өте жұмсақ

және бірдей араластырылған, ірілері жоқ және сұйық болуы қажет. Араластырылған қамыр ылғалдылығы 36-38% құрайды.

Бисквиттің дайын қамырын дереу пісіру парақтарына немесе алдын ала майланған немесе қағазбен жабылған қалыптарға құйылады. Пісіру парақтары мен қалыптар қамыр көтерілген кезде бүйірлерінен асып кетпеуі үшін биіктіктің 3/4 бөлігін толтырады. Бисквитті пісіретін уақыт ұзақтығы 50-55 минут, ал температурасы 195-200°C ал, 40-45 минутта 205-225°C температурада бисквит піседі, сосын 20-30 минут аралығында салқындатылады.

Ол тұтас жұмыртқадан, қанттан және ұннан дайындалады. Технология келесідей: алдымен жұмыртқаны қантпен араластырады-масса көлемі 2-2,5 есе артуы керек. Содан кейін бұл қоспаға ұн біртіндеп қосылады және ауа көпіршіктерін бұзбау үшін ақырын араластырылады. Қамырды дайындаудың екінші әдісі бар: жұмыртқа мен қантты езіп, оларды 45-50 градусқа дейін қыздырады. Содан кейін қоспасы салқындатылады, шайқалады және ұн қосылады. Көбінесе бұл әдіспен ұнның бір бөлігі қарақұмық ұнымен ауыстырылады, ал дайын бисквит торты ұсақталған және борпылдақ болады. Негізгі бисквит орамдарға, торттарға қажет. Пісірудің бұл түрінің өзіндік ерекшелігі бар: кондитерлер дайын бисквитті бөлме температурасында кем дегенде 8 сағат ұстауға кеңес береді – осылайша оның құрылымы тығызырақ болады, ол крем мен сіңдіруді жақсы сақтайды.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Қарақұмық қосылған бисквит жартылай фабрикатын өндірудің рецептурасы мен технологиясы әзірленді. Қарақұмық мен бидай ұнындағы кейбір маңызды тағамдық компоненттердің құрамының салыстырмалы деректері келтірілген. Қарақұмық қоспалары бар бисквит қамырынан пісірілген жартылай фабрикаттардың рецепті мен өндіріс технологиясын әзірлеу үшін қоспалардың оңтайлы санын анықтау және олардың қамырдың қасиеттеріне әсерін зерттеу қажет деп саналды. Қарақұмық ұнының қоспалары бидай ұнының массасына 10-25% мөлшерінде енгізілді. Бисквит өнімінің қамыры қыздырдырмай арнайы әдәіспен дайындалды. Дайын бисквит өнімінің ылғалдылығын анықтау үшін зерттеу үлгілерін кептіру шкафтарында кептіріліп жүргізіледі. Дайын өнімнің нақты көлемі олардың көлемін граммдағы массаға бөлу арқылы есептелді. Дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштері зерттеу үлгілері арқылы жүргізілді. Жоғарыда келтірілген зерттеу қарақұмық ұн қоспаларын пісірілген бисквит жартылай фабрикаттарының сапалық көрсеткіштерін жоғарлату үшін пайдаланудың маңыздылығын көрсетеді, себебі бисквит өнімінің сапа көрсеткіштері жоғарлайды. Бисквиттің қамырының құрылымы сұйық болып табылады, сол себепті жұмыртқа мен қанттың қоспасының көбіктенуіне қарақұмық ұнының қоспалары әсерін зерттеу керек болып табылады.

Зерттеу нәтижелері

Бисквит жартылай фабрикатын оның тағамдық құндылығын арттыру үшін байыту мәселесі өте өзекті, өйткені кондитерлік өнімдер адамның тамақтануында маңызды орын алады. Сондықтан бисквит жартылай фабрикатының химиялық құрамын қоспалармен және қоспаларсыз көрсету, сондай-ақ энергетикалық құндылығын есептеу орынды деп саналды. Алынған нәтижелер тамақ өнеркәсібі мен қоғамдық тамақтандыру кәсіпорындарында өндіріс үшін әзірленген бисквит жартылай фабрикаттарын ұсынуға мүмкіндік береді. Бисквиттің органолептикалық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

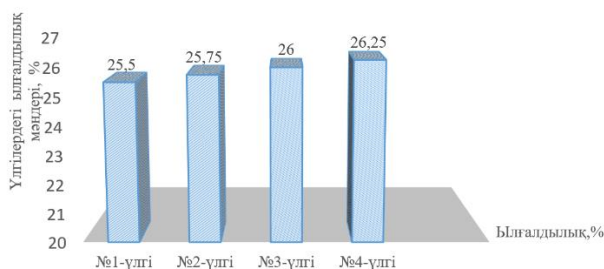
Кесте 1 – Бисквиттің органолептикалық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштердің атаулары	Бисквиті жартылай фабрикаты
1	Бисквиттің сыртқы көрнісі	Өнімнің сыртқы түрі сызаттары жоқ, жарықтарсыз, тартымды
2	Бисквит өнімінің түсі	Таңдау үлгісінің түсі алтын-сары түстілеу
3	Дайын өнімнің иісі	Бөтен иісі жоқ, бисквиттің осындай түріне, сондай-ақ пайдаланылатын шикізатына тән
4	Бисквиттің құрылымы	Жұмсақ, серпімді, иісі жоқ, жақсы көтеріліп пісірілген
5	Дәмі	Өте жағымды, басқа дәм жоқ, бисквиттің осындай түріне және қолданылған шикізатына тән
6	Кеуектілігі	Өнімнің кеуектілігі бірдей, орташа және ірі кеуектілеу
7	Серпімділігі	Икемділігі өте серпімді, саусақтармен басқанда бисквит жұмсағы бастапқы пішінге қайтып келеді.

Органолептикалық қасиеттерді бағалау сенсорлық талдау әдісімен жүргізілді. Осы органолептикалық әдістердің әрқайсысы адамның белгілі бір сезім мүшелерінің көмегімен жүзеге асырылады, сапаның нақты көрсеткіштерінің мәндері бойынша өлшенеді. Бисквит өнімінің рецептурасында қарақұмықтың ұнын қосып, бисквиттің ассортиментін кеңейтіп ғана емес, олардың биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді. Енгізілген ингредиенттер негізінде глютенсіз өнімдерді өндіру технологияларын жетілдіру отандық өндірістегі глютенсіз азық-түлік өнімдерінің ассортиментін кеңейтеді және оларды тұтынушылардың кең ауқымына қолжетімді етуге мүмкіндік береді [10].

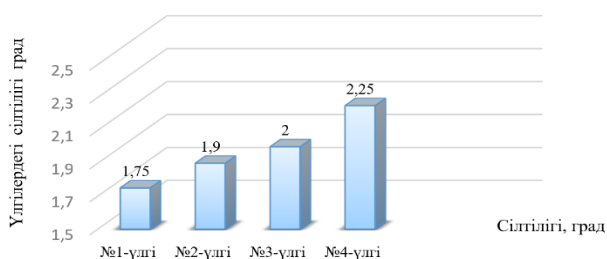
Пісірілген өнімнің дайындығын өнімді таяқшамен тесіп көру арқылы анықталады. Дайын өнімнен таяқшада ештеңе қалмауы керек (ол таза және құрғақ болуы керек). Сонымен қатар, дайын пісіру оны басқан кезде серіппелі болады. Дайын ыстық бисквит пештен шығарылады және 10 минут салқындату үшін қалыпқа қалдырылады. бұл пісіру мен табаның бүйірлері арасында кішкене алшақтық пайда болуы үшін жеткілікті, соның арқасында бисквитті оңай алып тастауға болады.

Әр түрлі ұн суды әр түрлі сіңіреді және әр уақытта бұл көрсеткіш әр түрлі болды, өйткені бидай мен оны ұнтақтау тәсілі уақыт өте келе өзгерді. 1-суретте көрсетілгендей ақуызы көп ұн да көп суды сіңіреді, өйткені ақуыз суда ісінеді, қоспа құрамы көбейген сайын үлгілердің ылғалдығы жоғарлады. Қарақұмық ұны дәрумендерге, минералдарға және өсімдік ақуызына бай. Онда адам ағзасы үшін маңызды аминқышқылдары, табиғи антиоксиданттар және диеталық талшықтар бар. Сонымен қатар, қарақұмық ұнында зиянды көмірсулар мен глютен жоқ.



Сурет 1 – Зерттелінген үлгілердің ылғалдылығының көрсеткіштері

Құрамында глютені көп ұн қосылған бисквиттің қамырын қатайтып, ал дайын өнім қаттылау болады. Глютені аз ұн қосылғанда қамыр құрамы жұмсақ болады. Бисквиттің рецепті технологиялық операцияларының режимдері қамыр қасиеттеріне әжептеуір әсер етеді. Бисквитті жартылай фабрикаттардың үлгілері органолептикалық көрсеткіштер бойынша зерттелді. Сапа көрсеткіштерін бағалау дайындалған шкалаға байланысты жүргізілді.

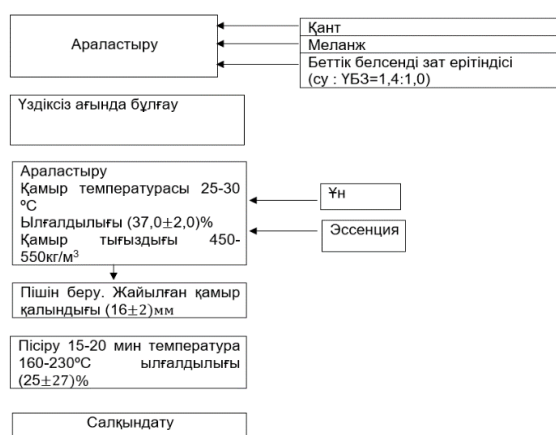


Сурет 2 – Зерттеу үлгілерінің сілтіліктің өзгеру көрсеткіші, град

Хош иісті қарақұмық ұны біздің денеміздің қышқыл-негіздік тепе-теңдігін сақтайды (санаулылардың бірі). Көмірқышқыл газы бисквит өнімдерінде көтерілуге ықпал етеді. Пісіру содасының сілтілігі шамадан тыс қышқыл дәмді азайтуы мүмкін. 2-суретте крсетілгендей дайын өнімнің құрамындағы қоспа құрамы жоғарылаған кезде қамырдың құрылымының сипаттамалары оның сілтілігін бір уақытта жоғарлата отыруын жалғастырады. Піскеннен соң мұндай өнімдердің үлесінің көлемі мен кеуектілігінің көрсеткіштері төмен мәні бар болады, мұндай бұйымдардың дөңгелектері ылғалдырақ болады.

Бисквитті торттарды немесе кондитер өндірісінде белгілі болғандай – капсулала қалыңдығы кем дегенде 30 мм болуы қажет. Бисквитті пісіру. Қамыр температурасы 160-

230°C та 25-30 минут уақытта пісіріп, бастапқы 10-15 минут ішінде бисквитке қол тигізбеу керек, өйткені көпіршіктердің нәзік қабырғалары кішкене шайқалудан жарылып, ауа буланып, бисквит тығыз, пісіру қиын. Бисквиттің дайындығы қыртыстың түсімен және серпімділігімен анықталады; саусағыңызбен пісірілмеген бисквитке басқан кезде шұңқыр қалады. Жаңа бисквитті кесу қиын (ұсақталған), сондықтан оны пісіргеннен кейін кем дегенде 24 сағат ұстау керек. Қарақұмық ұны – биологиялық құндылығы жоғары ақуыздардың ең жақсы көздерінің бірі. Қарақұмық ұнының әр түрлі пісетін кезеңдеріндегі химиялық құрамы мен функционалдық қасиеттеріндегі айырмашылықтар анықталды. Көрсеткіштер жиынтығы бойынша ең тиімді құрылымдаушы-сүтті-балауызды пісетін қарақұмық ұны. Бұл жағдай оны технологиялық қолданудың кең мүмкіндіктерін анықтайды. Бисквит қамыры-жоғары температураның әсерінен физикалық және химиялық қасиеттері өзгертін ылғалды капиллярлы-кеуекті коллоидты дене. Пісіру процесінде қамыр жаңа өнімге айналады. Ол тұрақты құрылымымен, ылғалдылығымен және түсімен, жағымды дәмі мен хош иісімен сипатталады. Қамырды пісіру кезінде келесі процестер жүреді: жоғары температураның әсерінен қамырдың ылғалдылығы сыртқы қабаттардан булану нәтижесінде өзгереді. Бисквитті жартылай фабрикаттың технологиялық сызбасы 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Бисквитті жартылай фабрикаттың технологиялық сызбасы

Барлық ұнды кондитерлер ішінде пірілген жартылай фабрикаттары бисквит торты ең жұмсақ және жеңіл болады. Жақсы піскен бисквит өнімі өңдеуге ыңғайлы, теп-тегіс, жұқа қабықшасы бар; үлпілдектеу, кеуектілігі зор, серпімді үгінді құрылымы – қысыммен қысқанда оңай қысылады, күшті алынғаннан кейін бұрынғы пішіні қалпына келеді бисквит ассортиментін кеңейту және әртүрлі функционалды мақсаттағы өнімдерді алу үшін бидайдың ұнына қарақұмық ұны әр түрлі пайызбен енгізілді.

Қорытынды

Бисквит өнімдерін өндіру үшін ұсақталған қарақұмық ұнын қамтитын оңтайландырылған ұн қоспалары әзірленді. Бисквит өндіру үшін ұнның осы түрлерін пайдалану бойынша зерттеулер жүргізілді, қамырдың және дайын бисквит жартылай фабрикаттарының органолептикалық, реологиялық және физика-химиялық көрсеткіштеріне әсері зерттелді.

Жүргізілген талдау арнайы мақсаттағы бисквитті жартылай фабрикаттардың түрлері жарма дақылдарын, сондай-ақ ұнның дәстүрлі емес түрлерін енгізу есебінен кеңейіп келе жатқанын көрсетеді. Глютенсиіз өнімдердің ассортименті айтарлықтай өсті. Бисквит жартылай фабрикаттарының шолуында бидай ұнын ауыстыру өнімнің сапасын жақсартады және олардың тағамдық құндылығын арттырады. Бисквиттерді байыту нысаны ретінде пайдалану халықтың азық-түлік мәртебесін жақсартуға мүмкіндік береді. Осылайша, ұн қоспаларының құрамындағы ұнның әртүрлі түрлерінің оңтайлы арақатынасын таңдау, бисквит жартылай фабрикаттарын өндіруде дәстүрлі емес шикізатты пайдалану осы саладағы ғылыми әзірлемелердің перспективалы бағыты болып табылады. Зерттеудің теориялық маңызы бар және байытылған бисквит жартылай фабрикаттары мен арнайы мақсаттағы өнімдердің жаңа рецептерін әзірлеумен айналысатын зерттеушілер мен өндірушілерге пайдалы болуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Киреева М.С. Реология бездрожжевого бисквитного теста на основе полнोजирной муки из семян льна различных сортов / М.С. Киреева, Г.В. Алексеев // Хлебопродукты. – 2014. – № 1. – С. 52-55.
2. Краус С.В. Кексы и бисквиты / С.В. Краус, Е.В. Балаева // Новые аспекты развития. – М., 2012. – С. 125-126.
3. Попов В.С. Кондитерские изделия из бисквитного теста пониженной калорийности / В.С. Попов, Ю.М. Калимова // Молодой ученый. – 2017. – № 21. – С. 142-145.
4. Wang N.F. Effects of flour particle size on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and Chinese southern-type steamed bread / N.F. Wang, G.G. Hou, A. Dubat // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82. – P. 147-153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.025>.
5. Optimization of a gluten-free diet with new products / I.M. Zharkova et al // Pediatric Nutrition. – 2017. – Vol. 15, № 6. – P. 59-65. <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2017-6-59-65>.
6. Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob / J.E.R. Batista et al // Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 38(2). – P. 250-254.
7. Rice Bran: A Novel Functional Ingredient / M.K. Sharif et al // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2014. – Vol. 54, № 6. – P. 807-816. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.608586>.
8. Акимов М.М. Польза гречневой муки / М.М. Акимов, А.Е. Еренгалиев, А.М. Муратбаев // Москва: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 23-24.
9. Максютова М.А. Усовершенствование рецептуры бисквитного полуфабриката / М.А. Максютова, С.А. Леонова, Т.А. Никифорова // Хлебопродукты. – 2018. – № 9. – С. 51-54.
10. Lawless H.T. Sensory evaluation of food: Principles and practices / H.T. Lawless, H. Heymann // Springer Science & BusinessMedia, NewYork, 2010. [Google Scholar].

References

1. Kireeva M.S. Reologiya bezdrozhzhevogo biskvitnogo testa na osnove polnozhirnoi muki iz semyan l'na razlichnykh sortov / M.S. Kireeva, G.V. Alekseev // Khleboprodukty. – 2014. – № 1. – S. 52-55. (In Russian).
2. Kraus S.V. Keksy i biskvity / S.V. Kraus, E.V. Balaeva // Novye aspekty razvitiya. – M., 2012. – S. 125-126. (In Russian).
3. Popov V.S. Konditerskie izdeliya iz biskvitnogo testa ponizhennoi kaloriinosti / V.S. Popov, YU.M. Kalimova // Molodoi uchenyi. – 2017. – № 21. – S. 142-145. (In Russian).
4. Wang N.F. Effects of flour particle size on the quality attributes of reconstituted whole-wheat flour and Chinese southern-type steamed bread / N.F. Wang, G.G. Hou, A. Dubat // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82. – P. 147-153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.025>. (In English).
5. Optimization of a gluten-free diet with new products / I.M. Zharkova et al // Pediatric Nutrition. – 2017. – Vol. 15, № 6. – P. 59-65. <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2017-6-59-65>. (In English).
6. Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob / J.E.R. Batista et al // Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 38(2). – P. 250-254. (In English).
7. Rice Bran: A Novel Functional Ingredient / M.K. Sharif et al // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2014. – Vol. 54, № 6. – P. 807-816. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.608586>. (In English).
8. Akimov, M.M. Pol'za grechnevoi muki / M.M. Akimov, A.E. Erengaliev, A.M. Muratbaev // Moskva: Federal'nyi nauchnyi tsentr pishchevykh sistem im. V.M. Gorbatova. – 2016. – № 1. – S. 23-24. (In Russian).
9. Maksyutova M.A. Usovershenstvovanie retseptury biskvitnogo polufabrikata / M.A. Maksyutova, S.A. Leonova, T.A. Nikiforova // Khleboprodukty. – 2018. – № 9. – S. 51-54. (In Russian).
10. Lawless H.T. Sensory evaluation of food: Principles and practices / H.T. Lawless, H. Heymann // Springer Science & BusinessMedia, NewYork, 2010. [Google Scholar]. (In English).

З.И. Кобжасарова¹, З.Т. Нурсейтова¹, М.К. Касымова¹, Г.Э. Орымбетова^{2*}, Б.Т. Ешимбетова¹

¹Южно-Казахстанский Университет им.М.Ауэзова,
160012, Казахстан, Шымкент, пр.Тауке хана, 5

²Южно-Казахстанская медицинская академия,
160019, Казахстан, Шымкент, пл. Аль-Фараби, 1

*e-mail: orim_77@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИСКВИТНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ГРЕЧНЕВОЙ МУКОЙ

В статье дается приготовление бисквита с заменой пшеничной муки на муку из гречки. Цель общей работы – обогащение состава бисквитного продукта с использованием гречневой муки. Проблема способности правильно питаться напрямую касается производителей продуктов питания из многих стран мира. Гречневая мука является основой безглютеновой продукции, а совершенствование технологии производства кондитерских изделий позволяет расширить ассортимент безглютеновой пищевой продукции отечественного производства и позволяет сделать ее доступной многочисленному кругу потребителей. Технология производства бисквита, полученная в результате экспериментальных исследований с использованием сырья местных растений, будет очень важной, полезной для человеческого организма. Разработана рецептура и технология производства бисквитного полуфабриката с добавлением муки из гречки. Исследованы качественные показатели разработанного бисквитного полуфабриката. Для получения бисквитного полуфабриката были рассмотрены различные соотношения гречневой и пшеничной муки. Разработаны технологические параметры производства бисквита, так как пшеничная мука, традиционно используемая для бисквитного производства, заменена гречневой мукой. Исследовано влияние муки, произведенной из гречки, на качество бисквитного продукта. Обоснованы оптимальные количества основного сырья и нетрадиционных видов обогащенных смесей, которые позволяют улучшить качественные показатели бисквитной продукции, в том числе на органолептические и физико-химические показатели. Рассмотрены вопросы совершенствования ассортимента бисквитных полуфабрикатов. В обзоре бисквитных полуфабрикатов замена пшеничной муки на нетрадиционную улучшает качество продуктов и повышает их пищевую ценность.

Ключевые слова: бисквит, гречневая мука, тесто, продукт, мука, органолептические показатели качества, рецептура.

Z.I. Kobzhasarova¹, Z.T. Nurseitova¹, M.K. Kassymova¹, G.E. Orymbetova^{2*}, B.T. Yeshimbetova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,
160012, Kazakhstan, Shymkent, Tauke khan av.,5,

²South Kazakhstan Medical Academy,
160019, Kazakhstan, Shymkent, Al-Farabi sq., 1

*e-mail: orim_77@mail.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BISCUIT SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH BUCKWHEAT FLOUR

The article describes the preparation of a biscuit with the replacement of wheat flour with buckwheat flour. The purpose of the general work is to enrich the composition of the biscuit product using buckwheat flour. The problem of the ability to eat properly directly concerns food producers from many countries of the world. Buckwheat flour is the basis of gluten-free production, and the improvement of confectionery production technology allows to expand the range of gluten-free food products of domestic production and makes it available to a large number of consumers. The technology of biscuit production, obtained as a result of experimental studies using raw materials from local plants, will be very important and useful for the human body. A recipe and technology for the production of semi-finished biscuit with the addition of buckwheat flour have been developed. The qualitative indicators of the developed biscuit semi-finished product are investigated. To obtain a biscuit semi-finished product, various ratios of buckwheat and wheat flour were considered. Technological parameters of biscuit production have been developed, since wheat flour, traditionally used for biscuit production, has been replaced by buckwheat flour. The influence of flour made from buckwheat on the quality of the biscuit product has been studied. The optimal amounts of the main raw materials and non-traditional types of enriched mixtures are justified, which allow improving the quality indicators of biscuit products, including organoleptic and physicochemical indicators. The issues of improving the assortment of biscuit semi-finished products are considered. In the review of biscuit semi-finished products, replacing wheat flour with non-traditional flour improves the quality of products and increases their nutritional value.

Key words: biskivit, buckwheat flour, dough, product, flour, organoleptic quality indicators, recipe.

Авторлар туралы мәліметтер

Зиба Исаховна Кобжасарова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: k.z.i.@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Зейнеп Турехановна Нурсеитова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: nur.zeinep@mail.ru.

Махабат Куандыковна Касымова – химия ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі, Шымкент, Қазақстан; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-3014>.

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>.

Балжан Торебековна Ешимбетова – магистр, аға оқытушы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі; Шымкент, Қазақстан; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Сведения об авторах

Зиба Исаховна Кобжасарова – кандидат технических наук, доцент, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Аuezova, Шымкент, Казахстан; e-mail: k.z.i.@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Зейнеп Турехановна Нурсеитова – кандидат технических наук, доцент, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Аuezova, Шымкент, Казахстан; e-mail: nur.zeinep@mail.ru.

Махабат Куандыковна Касымова – кандидат химических наук, профессор, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Аuezova, Шымкент, Казахстан; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-3014>.

Гулбаги Эмитовна Орымбетова* – кандидат технических наук, доцент. Южно-Казахстанская медицинская академия, Факультет фармации, Шымкент, Казахстан; e-mail: orim_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

Балжан Торебековна Ешимбетова – магистр, старший преподаватель, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Аuezova, Шымкент, Казахстан; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Information about the authors

Zibo Isakovna Kobjasarova – candidate of technical science, associate professor, Textile and Food Engineering higher school, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: k.z.i.@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Zeinep Turechanovna Nurseitova – candidate of technical science, associate professor, Textile and Food Engineering higher school, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: nur.zeinep@mail.ru.

Makhabat Kuandykovna Kassymova – candidate of chemical science, professor, Textile and Food Engineering higher school, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-3014>.

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>.

Balzhhan Torebekovna Yeshimbetova – master, senior lecturer. Textile and Food Engineering higher school, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Редакцияға енуі 21.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 13.11.2024

Жариялауға қабылданды 14.11.2024

П.Б. Ашимова*, А.Д. Серикбаева, Г.Т. Туменова, А.Т. Қожабергеннов, В.С. Жамурова

Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100
*e-mail: ashimova_perizat@mail.ru

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ РАЙЫМБЕК АУДАНЫ «ШӘЛКӨДЕ» АУЫЛЫНЫҢ ШАРУАШЫЛЫҚ БИЕ СҮТТЕРІНІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Мақалада Алматы облысы Райымбек ауданының «Шәлкөде» ауылындағы шаруашылық қожалығынан алынған бие сүтінің төрт түрлі үлгісіне органолептикалық, физикалық және химиялық көрсеткіштері бойынша зерттеу жүргізілді. MilkoScan FT 1 сүт анализаторында бие сүтінің сапалық көрсеткіштері анықталып, жаз және күз айларындағы орташа нәтижелері салыстырылды.

Алматы облысы, Райымбек ауданының «Шәлкөде» ауылындағы биелердің сүтінің физика-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері бие сүтінің тағамдық құндылығын анықтауға бағытталған. Зерттеу барысында сүттің майлылығы, ақуыз мөлшері, құрғақ заттар, лактоза, глюкоза және казеин сияқты негізгі көрсеткіштер қарастырылды.

Майлылық көрсеткіші 1,95% пен 2,03% аралығында, бұл бие сүтінің орташа майлылығы екенін көрсетеді. Ақуыздың мөлшері 1,5%-2,2% аралығында, бұл сүттің биологиялық құндылығын көрсетеді. Құрғақ заттардың құрамы 11,73%-11,75% шамасында, бұл сүттегі минералдар мен қоректік заттардың молдығын көрсетеді. Лактоза деңгейі 7,01% болып, сүттің тәтті дәмін қамтамасыз етеді және негізгі энергия көзі болып табылады. Глюкоза мөлшері шамамен 0,27%-0,28%, бұл көрсеткіштердің тұрақтылығы биелердің жақсы күтім мен азықтандыру жағдайында екенін дәлелдейді. Казеиннің құрамы 1,27%-1,31% аралығында, бұл бие сүтінің ақуыздық сапасын анықтайды.

Жалпы, зерттеу нәтижелері бие сүтінің тағамдық құндылығын жоғары бағалауға мүмкіндік береді. Сүттің барлық физика-химиялық көрсеткіштері тұрақты және сапалы екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: Бие сүті, бие сүтінің сапа көрсеткіштері, сүт өнімдері, қауіпсіздік майлылық, ақуыз, тағамдық құндылық, лактоза, глюкоза.

Кіріспе

Қазіргі таңда Әлемде және елімізде бие сүтінің танымдылығы жыл сайын артып келеді. Ғалымдар бұл өнімді зерттеп, саумалдың адамға тигізетін көптеген пайдалы қасиеттерін анықтап және зерттеуде [2].

Жыл өткен сайын бие сүті мен қымыздың азықтық мәні арта түсуде. Қазақстанда оны өндіру жыл сайын артып келеді. Осыған орай тағамдық құндылық көрсеткішін зерттеу өзекті болып табылады.

Бие сүтінің қасиеті өте пайдалы. Бие сүтінің адам ағзасына әсері иммундық жүйенің жоғарлатуынан, ағзаның жақсаруына орасан үлес қосады. Бие сүтін қолдану жас аралығына қарамай тұтыну үстінде, сұраныс көп десекте болады [3]. Бие сүтінің ерекшелігі көкшіл реңктері бар және төтті дәмі бар ақ сұйықтық болып табылады. Оның құрамында қант көп және ақуыздардың тұзы аз болады, сол себепті сиыр сүтінен ерекшеленетінін байқасақ болады. Бие сүтінде: су – 89,4%; құрғақ зат – 10,8%; ақуыздар – 2,1-2,3%; казеин – 1,3%; сарысу ақуыздары – 1,0%; майлар – 1,7-1,9%; лактозалар – 5,8-6,5%; минералдар – 0,2%, тығыздығы 1032 кг/м³; қышқылдығы 6°Т; рН 7,0 тән болып келеді. Бие сүтінде С дәрумені көп. Бие сүтінде көмірсулар көп, олардың үлесі шамамен 6-7% құрайды. Бие сүтінің лактозасы оңай ыдырайды, сүттің калория мөлшері 470 ккал/кг [1,2].

Бие сүтінде көптеген басқа элементтер бар, атап айтқанда кальций мен фосфор, калий, натрий, йод, мыс, кобальт, марганец, мырыш, темір, кремний, алюминий және титан. Бие сүтінің күшті бактерицидтік қасиеттерге бай болып келеді. Бие сүтінің құрамы жағынан ана сүтіне ұқсастығы бар. Бұл сүт табиғи түрде тұтынылады, сонымен қатар жаңа туған

нәрестелерге ұсынылатыны анық. Бие сүтінен өндірілетін негізгі өнім-қымыз екені бәрімізге мәлім [4, 5].

Сондықтан қымыз адам ағзасындағы атеросклероз және онымен байланысты ауруларға қарсы профилактикалық агент болып табылады. Бие сүтінің майындағы қасиетінің ерекшелігі туберкулез бактерияларының өсуін тежейді. Сонымен қатар майлылығының арқасында бие сүті – көптеген аурулардың емі және алдын алады аурулардың. Бие сүтінде адамға қажетті барлық дерлік дәрумендерде бар – В1, В2, В12, С, Д, РР және сонымен қатар сиыр сүтінен бірнеше есе көп. Асқорытуға жақсы әсер етеді. Асқазандағы асқорыту кезіндегі сұйықтықты жақсы сығып астың жақсы қорытылуын қамтамасыз ете келе жүйке жүйесінің қабыну құбылыстарынан жеңілдете түседі. Сол себепті қазіргі уақытта медицинада анти микробтық ретіндегі биостимулятор болып саналады [6, 7, 8].

Бие сүтінің адамға пайдасы зор болғанымен, халықаралық қарастыруда әртүрлі жағдайлар орын алуы әбден мүмкін, себебі көптеген ұлттарда жылқы өнімдерін ұлттық тағам ретінде қарастырмайды және өсуіне қолайлы ортаның болмауы тағыда сол сияқты себептер көптеп табылатыны анық.

Ғалымдардың зерттеулері бойынша тәулігіне 1 литр саумал ішсеңіз, ағзаңыз жоғары сіңімді ақуыздармен, аминқышқылдарымен, оңай қортылатын майлармен, дәрумендермен және минералды элементтермен қамтамасыз етіледі [9].

Бие сүті – адам денсаулығына пайдалы қасиеттерімен танылған ұлттық өнім. Оның химиялық құрамы мен қасиеттері көптеген ғылыми зерттеулердің назарына ілініп келеді. Бүгінде бие сүтінің құрамындағы дәрумендер, ақуыздар мен басқа да компоненттердің адам ағзасына тигізетін пайдасын ғылыми тұрғыда зерттеу маңызды. Бұл өнімнің сапасын, химиялық құрамын және органолептикалық қасиеттерін зерттеу арқылы оның тағамдық құндылығын арттыруға, сондай-ақ өндірістік әлеуетін дамытуға мүмкіндік бар. Осы зерттеу жұмысының мақсаты – бие сүтінің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін анықтап, олардың тәуліктік қажеттілікпен салыстырмалы сипаттамасын беру.

Зерттеудің мақсаты – MilkoScan FT 1 сүт анализаторында Алматы облысы Райымбек ауданы «Шөлкөде» ауылының шаруашылық қожалығының бие сүт үлгілерін физика -химиялық көрсеткіштерін зерттеу

Зерттеу нысаны мен әдістері

Алматы облысы Райымбек ауданы «Шөлкөде» ауылының шаруа қожалығының төрт түрлі бие сүтінің бір уақытта сауылған үлгілері алынды. Алынған бие түрлеріне келсек зерттеуге сүт жабы жылқылары тұқымының биелерінен алынды және олардың орташа жасы 8-де. Осы төрт түрлі бие сүттерінің үлгілері MilkoScan FT 1 сүт анализаторында төменде көрсетілген әдістер бойынша сынамалар жасалынды.

MilkoScan FT1 аппараты – сүт және сүт өнімдерінің химиялық құрамын жылдам және дәл анықтауға арналған инфрақызыл спектроскопия әдісін қолданатын зерттеу құралы. Бұл аппарат Danish FOSS компаниясы (Дания) арқылы шығарылған және сүт өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. MilkoScan FT1 алғашқы рет нарыққа 2008 жылы ұсынылған. Қазіргі кезде оның жетілдірілген нұсқалары қолданыста.

«Шөлкөде» шаруа қожалығының бие сүті үлгілеріне органолептикалық көрсеткіштері MEMST СТ ҚР – 1005-98 сәйкес Алматы технологиялық университетінің «Тамақ қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтында» және Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Тағам өнімдерінің технологиясы және сапасы ғылыми-білім беру инновациялық орталығында» зерттелді.

MEMST 3624-92 Сүт және сүт өнімдері. Титрометриялық әдістер қышқылдықты анықтау. Әдіс фенолфталеин индикаторының қатысуымен өнімнің құрамындағы қышқылдар мен олардың тұздарын күйдіргіш сілтінің ерітіндісімен бейтараптандыруға негізделген. Белсенді қышқылдық зертханалық рН-метрдің көмегімен анықталды.

MEMST 3625-84 Сүт және сүт өнімдері. Тығыздықты анықтау әдістері тығыздығы;

MEMST 5867-90 Сүт және сүт өнімдері. Майды анықтау әдістері;

MEMST 8218-89 Сүт. Тазалықты анықтау әдісі;

Осы көрсетілген стандарттарға байланысты 3 – 4 рет қайталанып орташа орта мәні алынды

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижесі бойынша мақалада бие сүтінен алған үлгілерді МЕМСТ бойынша органолептикалық сапа көрсеткіші нормаға сәйкес келді. Осы 4 түрлі бие сүттерінің органолептикалық зерттеуіне қатысқан кафедраның 5 экспертін атап айтсақ жастары 35-70 аралығындағы 1профессор әйел адам, 3 қауымдастырылған профессор әйел адамдар және 1 қауымдастырылған профессор ер адам болды,мамандықтары биотехнология және тағам қауіпсіздігі. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Тағам өнімдерінің технологиясы және сапасы ғылыми-білім беру инновациялық орталығында» іске асырылып анықталды.

«Шөлкөде» шаруа қожалығының бие сүтіне органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері бойынша зерттеу жасалынды.

Органолептикалық зерттеуіне (кесте 1-де) нәтижелер бойынша бие сүтінің органолептикалық көрсеткіштері қажетті талаптарға сәйкес екенін көруге болады.

Төрт түрлі бие сүтінің бір уақытта сауылған үлгілерінің нәтижесі MilkoScan FT 1 сүт анализаторында, майлылығы 0,72-1,0% аралығында құрады, құрғақ зат қалдығы 8,80%, ақуыз 30,10-92,9%, лактоза 6,68-6,72%, глюкоза 47-61%, галактоза 37,0-54,0% аралығында болды.

Кесте 1 – Бие сүтінің төрт түрлі үлгісінің органолептикалық көрсеткіштері

№	Көрсеткіш атауы	Сынау әдістеріне НҚ нормасы	Нақты нәтиже бие сүтінің төрт түрлі үлгісі	Сынау әдісіне НҚ
1	Дәмі мен иісі	Бие сүті Таза, тәттілеу, бөгде иіссіз және дәмсіз	Бие сүті Таза, тәттілеу, бөгде иіссіз және дәмсіз	ҚР СТ 1005-98 ҚР СТ 1004-98
2	Консистенциясы	Біртекті тұнбасыз және үлпексіз	Біртекті тұнбасыз және үлпексіз	
3	Түсі	Ақ, көгілдір түсті	Ақ, көгілдір түсті	

1-кестеде МЕМСТ ҚР 1005-98, МЕМСТ ҚР 1004-98 МЕМСТ 8218-89 сынау әдісінде алынған Шөлкөде өңірінің бие сүтінің органолептикалық көрсеткіштері анықталды. Төрт түрлі сынамада таза, жаңа сауылған сүт болғандықтан тәттілеу және бөгде иісі жоқ. Консистенциясы біртекті тұнбасыз және үлпексіз болды. Түсі ақ,көгілдір түсті. Жалпы, бие сүті үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштері стандартқа сәйкес болды.

Кесте 2 – Бие сүті құрамының физика-химиялық көрсеткіштері және тәуліктік қажеттілікке сәйкестігі

№	Атауы	Бие сүтінің орташа мәні	Сынау әдістеріне НҚ нормасы	1л мөлшері (г)	Тәуліктік қажеттіліктің %-ы
1	Майлылығы,%	0,72±0,015	1,0	7,2	9-10%
2	Құрғақ зат қалдығы, %	8,80±0,025	10-12	88	Нақты қажеттілікке байланысты
3	Су мөлшері,%	89	88-89	890	-
4	Тығыздығы, %	1,027±0,001	1,029-1,033 г/см³		
5	Ақуыз мөлшері	2,2±0,05	1,5-2	22	35-40%

2 кестеде алынған мәліметтер әрбір көрсеткіш бойынша 3 рет қайталанып жүргізілген зерттеулердің орташа нәтижелері көрсетілген.

Алынған бие сүтінің сынамасының майлылығы 0,72% құрады.Бие сүтінің майлылығы НҚ нормасынан төмен. Бұл сүттің құрамы жануардың тұқымына, азықтандыру жағдайларына және лактация кезеңіне байланысты болуы мүмкін. Құрғақ зат қалдығы 8,80% Құрғақ заттардың мөлшері стандарттағы нормадан аз. Бұл көрсеткіш сүт құрамындағы май, ақуыз және басқа еріген заттардың мөлшерінің төмен екенін көрсетеді. Су мөлшері нормативке сәйкес келеді. Бұл бие сүтінің табиғи сұйықтығы мен құрылымының стандартқа сай екенін көрсетеді. Тығыздығы 1,027 г/см³, тығыздық көрсеткіші нормативтік талаптан төмен. Бұл құрғақ зат мөлшерінің аздығы немесе майлылықтың төмендігінен болуы мүмкін. Ақуыз мөлшері нормативтен сәл жоғары. Бұл биелердің жақсы азықтандырылғанын немесе сүттің ақуыздық құрамының ерекшелігін көрсетеді. Зерттелген бие сүтінің химиялық құрамының кейбір көрсеткіштері (су мөлшері мен ақуыз) нормативтік талаптарға сәйкес немесе жақын болса, басқа көрсеткіштері (майлылық, құрғақ заттар қалдығы, тығыздығы) төмен. Бұл ерекшеліктер

табиғи факторларға, биенің азықтану жағдайына немесе лактация кезеңіне байланысты болып келеді [13].

Келесі 3 кестеде MilkoScan FT 1 сүт анализаторында күз және жаз айларында алынған бие сүтінің 4 үлгісіне физика-химиялық көрсеткіштерінің орташа салыстырмалы нәтижесі және сурет 1-де диаграммасы

Кесте 3 – Күз және жаз айларындағы бие сүтінің 4 үлгісіне MilkoScan FT 1 сүт анализаторында физика-химиялық көрсеткіштеріне орташа салыстырмалы нәтижесі

Көрсеткіш атаулары	Күз айлары (орташа)	Жаз айлары (орташа)
Май, %	0,81±0,42	1,99±0,04
Ақуыз (протеин), %	1,39±0,44	1,07±0,02
Құрғақ затсыз майлар, %	8,53±0,45	9,43±0,03
Құрғақ заттар, %	9,45±0,77	11,74±0,01
Лактоза, %	6,27±0,39	6,70±0,02
Аз лактозалы, %	0,17±0,01	0,17±0,01
Галактоза, %	0,17±0,00	0,22±0,02
Глюкоза, %	0,17±0,00	0,20±0,03
Дорник қышқылдығы, (°D)	7,88±0,05	7,96±0,03
SH қышқылдығы, (°SH)	3,25±0,07	3,32±0,01
Тернер қышқылдығы, (°TH)	0,81±0,00	0,81±0,00
Сүт қышқылы, %	0,076±0,007	0,074±0,00
Тығыздық (г/л)	1035,1±0,0	10,35,4±0,1
Ситрик қышқылы, %	0,12±0,01	0,13±0,00
Казеин, %	1,16±0,09	1,29±0,02

3 кестедегі күз және жаз айларындағы бие сүтінің негізгі физика-химиялық талдау нәтижесі көрсетілген. Жаз айларында майдың мөлшері жоғарырақ (1,95-2,03%), ал күзде бұл көрсеткіш айтарлықтай төмен (0,49-1,23%). Бұл маусымдық айырмашылық биенің тамақтану жағдайлары мен физиологиялық ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін.

Ақуыз (протеин, %): Күз айларында ақуыз деңгейі жоғарырақ (0,95-1,83%), ал жазда салыстырмалы түрде төмен (1,05-1,08%). Бұл бие сүтінің ақуыздық құрамы маусымға қарай тұрақты сақталатынын көрсетеді.

Жазда құрғақ заттар деңгейі жоғары (11,73-11,75%) және құрғақ затсыз майлар да (9,40-9,46%) жоғары. Ал күзде бұл көрсеткіштер төменірек (10,22-8,68% және 8,99-8,08%).

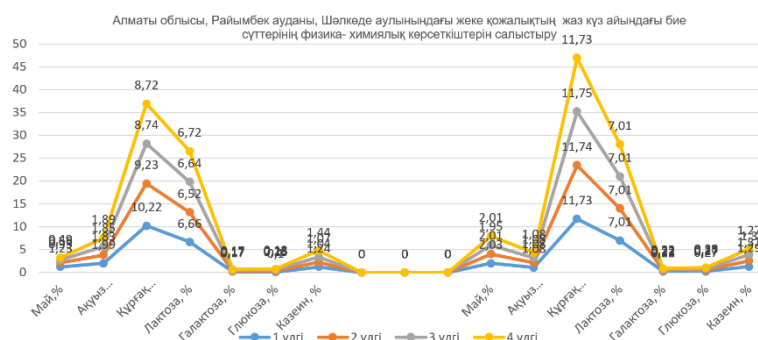
Лактоза мөлшері жазда аздап жоғары (6,68-6,72%), ал күзде төмендеу (5,88-6,66%). Бұл айырмашылық биенің жаз мезгіліндегі шөппен қоректенуінің әсерінен болуы мүмкін.

Қышқылдық көрсеткіштері (D, SH, %): Жаз айларында қышқылдық көрсеткіштері (Дорник және SH) сәл жоғары, бұл сүттің биохимиялық құрамының өзгеруімен байланысты.

Тығыздық (г/л): Екі маусымда да тығыздық көрсеткіштері шамамен бірдей (1035,1-1035,4 г/л).

Ситрик қышқылы (%) және казеин (%): Жаз айларында ситрик қышқылының мөлшері (0,13%) сәл жоғары, ал күзде 0,11-0,13% аралығында. Казеин мөлшері жазда жоғарырақ (1,27-1,31%), бұл сүттің ақуыздық сапасының артуын көрсетеді.

Бұл нәтижелер биенің физиологиялық жағдайына және жем-шөптің маусымдық ерекшеліктеріне байланысты екенін дәлелдейді.



Сурет 1 – Күз, жаз айларындағы бие сүттерінің құрамындағы өзгерістер

Диаграммада Алматы облысы, Райымбек ауданы, «Шәлкөде» ауылындағы биелердің сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері көрсетілген.

Барлық топтарда жаз мезгілінде май мөлшері жоғарырақ. Бұл биенің жайылым жағдайымен және сүт құрамындағы энергия қажеттілігінің маусымдық өзгеруіне байланысты болуы мүмкін. Жаз мезгілінде ақуыздың мөлшері жоғарырақ, бұл жыл мезгілдерінің әсеріне байланысты ақуыз синтезінің белсенділігімен түсіндіріледі. Құрғақ заттардың ең көп мөлшері жаз мезгілінде тіркелген. Лактоза көрсеткіші барлық топтарда күзде төмендеген. Бұл көрсеткіштер барлық жағдайда шамалы ғана өзгерістерге ұшыраған. Жаз мезгілінде казеин мөлшері сәл жоғары, бұл сүттегі ақуыздың түрленуіне және маусымдық өзгерістерге байланысты. Жаз мезгілінде сүттің барлық негізгі көрсеткіштері (май, ақуыз, құрғақ заттар) жоғары болып, күзге қарай төмендейді. Бұл өзгерістер маусымдық қоректену мен биенің физиологиялық жағдайына тікелей тәуелді екендігін көрсетеді.

Жалпы қорытынды: Зерттеу нәтижелері бойынша бие сүтінің күз жаз айларындағы физика-химиялық көрсеткіштеріне орташа мәніне сипаттама берілді: Майлылығы алынған нәтижесі: 0,72% күз айында ал жазда 2%. НҚ нормасы: 1,0%. Осы нәтижеге орай бие сүтінің майлылығы стандарттық көрсеткіштен төмен болып анықталды күзде, ал жаз айында жақсы көрсеткіш. Бұл нәтижеге малдың азықтану жағдайлары, лактация кезеңі немесе жылқы тұқымы әсер етуінен болды.

Құрғақ зат қалдығы: Алынған нәтиже: күзде 8,80%, ал жазда 11,5%. НҚ нормасы: 10-12%. Құрғақ заттардың мөлшері нормативтік құжатта көрсетілген деңгейден төмен күз айында жаз айы тұрақты. Бұл көрсеткіш май, ақуыз және лактоза құрамының аз екенін көрсетеді күзде.

Су мөлшері: Алынған нәтиже: 89%. НҚ нормасы: 88-89%. Су мөлшері нормативке сәйкес келеді. Бұл бие сүтінің табиғи сұйықтығы мен құрылымының қалыпты екенін дәлелдейді.

Тығыздығы: Алынған нәтиже: 1,035 г/см³. НҚ нормасы: 1,029-1,033 г/см³. Тығыздық көрсеткіші нормативтен сәйкес келеді. Бұл нәтижеге құрғақ заттардың жеткіліктілігі немесе майлылықтың қалыптылығы ықпал етеді.

Ақуыз мөлшері: Алынған нәтиже: 2,2%. НҚ нормасы: 1,5-2%. Ақуыз мөлшері нормативтік талапқа сәйкес немесе сәл жоғары. Бұл бие сүтінің ақуыздық құрамы жақсы екенін және оның сапалы азықтандырылуын көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері бойынша бие сүтінің су мөлшері мен ақуыз мөлшері, тығыздығы нормативтік құжаттарға сәйкес келсе, майлылығы жазда қалыпты күзде сәл төмен, құрғақ заттар қалдығы жазда тұрақты күзде стандарттан төмен екені анықталды. Бұл көрсеткіштерді жақсарту үшін биелердің азықтандыру шарттарын оңтайландыру және қосымша талдау жүргізу қажет.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Алматы облысы Райымбек ауданының «Шәлкөде» ауылындағы шаруашылық қожалықтан алынған бие сүтінің құрамын зерттеу барысында MilkoScan FT 1 сүт анализаторында алынған нәтижелер биенің сүтіндегі сапа көрсеткіштерінің жоғары деңгейде көрсетті. Сүттегі майдың мөлшері 0,49-2,03% аралығында анықталып, бұл көрсеткіш малдың азықтандыру жағдайына және табиғи жайылымдылық ерекшеліктеріне байланысты өзгеріп отырғаны байқалды.

Ақуыздың мөлшері 1,99%-1,89% аралығында анықталды, бұл сүттегі ақуыздың казеин, альбумин және глобулин сияқты түрлерін қамтитынын көрсетеді. Сондай-ақ, сүт құрамы уақыт өте келе малдың жасы, тұқымы және жайылым жағдайларына байланысты өзгерістерге ұшыраған.

Алдағы уақытта әртүрлі өңірдің биелерін зерттеу арқылы қоршаған ортаның, жем-шөптің сапасы мен құнарлығының, сондай-ақ сыртқы факторлардың бие сүтіне тигізетін әсерлерін кеңінен қарастыру қажеттігі ұсынылады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей бие сүтінің сапа көрсеткішін анықтау үшін алынған бие сүтіне МЕМСТ сәйкес салыстырмалы түрде органолептикалық көрсеткішке талдау жасалынды. ҚР СТ 1005-98, ҚР СТ 1004-98 сынау әдісінде алынған бие сүті таза, тәттілеу, бөгде иіссіз, біртекті тұнбасыз және үрпексіз, ақ көгілдір түсті болып анықталды.

MilkoScan FT 1 сүт анализаторында бие сүтінің төрт үлгісіне талдауы жасалынып пайызбен шаққандағы орташа өлшемдері қалыпты жағдайды көрсетті. Алынған бие сүтінің құрамының сапа көрсеткіштерінің құндылығы жоғары деңгейде көрсетілді, әрі қарай да MilkoScan FT 1 сүт анализаторында бие сүтінің майлылығы 0,49-2,03% шамамен көрсетілу нәтижесі сүттегі майдың көп немесе аз болуы тек азықтандыруға, күтіп бағуға ғана емес, сонымен бірге малдың шығу тегі, олардың жеке ерекше сияқты факторларға байланысты болды. Маусымдық жайылымының өзгеру әсерінен жаз кезінде бие сүтінің құрамы нормативтік стандартқа сәйкес келді және құнарлы десекте болады.

Құрғақ зат қалдығы күзде 8,80%, ал жазда 11,5% көрсету, құрғақ заттардың мөлшерінің аз болуы күзде май, ақуыз және лактоза құрамының аз екенін көрсетеді, ал жазда қалыпты.

Су мөлшерінің жаз күз айында 88-89% көрсетуі. Су мөлшері нормативке сәйкес келеді. Бұл бие сүтінің табиғи сұйықтығы мен құрылымының қалыпты екенін дәлелдейді.

Тығыздығы 1,035 г/см³. Тығыздық көрсеткіші нормативке сәйкес келуі жаз күз айларында, құрғақ заттардың жеткіліктілігі немесе майлылықтың қалыптылығы ықпал етеді.

Ақуыз мөлшері 2,2% көрсетуі. Бұл биелер сүтінің ақуыздық құрамы жақсы екенін және оның сапалы азықтандырылғанын көруімізге болады.

Жалпы алғанда, бие сүтінің сапа көрсеткіштері жаз айларында жоғары деңгейде байқалды, ал күз айларында кейбір көрсеткіштер нормативтік стандарттан сәл төмен болды деп айтуға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник для вузов / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова. – 5-е изд., испр.и доп. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2021. – 336 с.
2. Шайкамал Г.И. Анализ микрофлоры кумыса, полученного из различных регионов Казахстана [Мәтін] / Г.И. Шайкамал, Ж.Б. Жунусова, Г.А. Баисеев // Ғылым және білім. – 2018. – № 3(52). – С. 115-120.
3. Шигаева М.Х. Микрофлора национальных кисломолочных напитков / М.Х. Шигаева, М.Ш. Оспанова – Алма-Ата: Наука, 1983. – 227 с.
4. Пробиотические препараты и механизм их действия / К.А. Тулемисова и др. // Биотехнология, Теория и практика. – 2004. – № 2. – С.124-128.
5. Дудикова Г.Н. Коллекция культур микроорганизмов для пищевой и перерабатываемой промышленности / Г.Н. Дудикова // Биотехнология. Теория и практика. – 2001. – №3(4). – С. 79-82.
6. Шарманов Т.Ш. Лечебные свойства кумыса и шубата / Т.Ш. Шарманов, А.К. Жангабылов. – Алма-Ата: Ғылым, 1991. – 176 с.
7. Жақтаева А. Қымыз жанға-дауа, дертке-шипа / А. Жақтаева. – Алматы: Жас қаламгер, 2010.
8. Алимарданова М.К. Состав и биотехнологические свойства молока: учеб. пособие / М.К. Алимарданова. – Алматы, 2007, 33 с.
9. Алимарданова М.К. Научно-практические основы производства национальных молочных продуктов: дисс...докт. техн. наук: 05.18.04 / Алимарданова Мариям Калабаевна. – Алматы, 2006. – 379 с.
10. Түйе сүті мен уызыдағы иммуноглобулиндердің жыл мезгіліне байланысты өзгеруі / М.Х. Нармұратова және т.б. // 2-ая международная конференция «Актуальные вопросы диагностики болезней животных». – Алматы. – 2005. – С. 145.
11. Алексеева Н.В. Кумыс с добавлением пробиотических культур *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium spp* / Н.В. Алексеева, Е.В. Минеев, Ш.Ш. Махмудова // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 212-220.
12. Бояринова И.В. Новый белковый кисломолочный продукт / И.В. Бояринова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 8. – С. 43-45.
13. Alexeyeva N. To the question on the technology of koumiss production / N. Alexeyeva, E. Mineyev // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 10(23). – С. 138-144.
14. Navraltilova P. Content of nutritionally important components in mare milk fat / P. Navraltilova // Mjekarstvo. – 2018. – Vol. 68(4). – P. 282-294.
15. Guo L. Production technology, nutritional, and microbiological investigation of traditionally fermented mare milk (Chigee) from Xilin Gol in China / L. Guo // Food Science and Nutrition. – 2019. – P. 1-8.

References

1. Gorbatoва K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov: uchebnyk dlya vuzov / K.K. Gorbatoва, P.I. Gun'kova. – 5-e izd., ispr.i dop. – Sankt-Peterburg: GIORД, 2021. – 336 s. (In Russian).
2. Shaikamal G.I. Analiz mikroflory kumysa, poluchennogo iz razlichnykh regionov Kazakhstana [Mətin] / G.I. Shaikamal, ZH.B. Zhunusova, G.A. Baiseev // Fylym zhəne bilim. – 2018. – № 3(52). – S. 115-120. (In Russian).
3. Shigaeva M.KH. Mikroflora natsional'nykh kislomolochnykh napitkov / M.KH. Shigaeva, M.SH. Ospanova – Alma-Ata: Nauka, 1983. – 227 s. (In Russian).
4. Probioticheskie preparaty i mekhanizm ikh deistviya / K.A. Tulemisova i dr. // Biotekhnologiya, Teoriya i praktika. – 2004. – № 2. – S.124-128. (In Russian).
5. Dudikova G.N. Kolleksiya kul'tur mikroorganizmov dlya pishchevoi i pererabatyvaemoi promyshlennosti / G.N. Dudikova // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2001. – №3(4). – S. 79-82. (In Russian).
6. Sharmanov T.SH. Lechebnye svoistva kumysa i shubata / T.SH. Sharmanov, A.K. Zhangabylov. – Alma-Ata: Fylym, 1991. – 176 s. (In Russian).
7. Zhaqtaeva A. Kymyz zhanfa-daua, dertke-shipa / A. Zhaqtaeva. – Almaty: Zhas qalamger, 2010. (In Kazakh).
8. Alimardanova M.K. Sostav i biotekhnologicheskie svoistva moloka: ucheb. posobie / M.K. Alimardanova. – Almaty, 2007, 33 s. (In Russian).
9. Alimardanova M.K. Nauchno-prakticheskie osnovy proizvodstva natsional'nykh molochnykh produktov: disS...dokt. tekhn. nauk: 05.18.04 / Alimardanova Mariyam Kalabaevna. – Almaty, 2006. – 379 s. (In Russian).
10. Tyie syti men uyzdary immunoglobulinderdi zhyl mezhiline bailanysty ozgerui / M.KH. Narmyratova zhəne t.b. // 2-aya mezhdunarodnaya konferentsiya «Aktual'nye voprosy diagnostiki boleznei zhivotnyKH». – Almaty. – 2005. – S. 145. (In Kazakh).
11. Alekseeva N.V. Kumys s dobavleniem probioticheskikh kul'tur Lactobacillus acidophilus i Bifidobacterium spp / N.V. Alekseeva, E.V. Mineev, SH.SH. Makhmudova // Byulleten' nauki i praktiki. – 2018. – T. 4, № 4. – S. 212-220. (In Russian).
12. Boyarinova I.V. Novyi belkovyi kislomolochnyi produkt / I.V. Boyarinova // Pishchevaya promyshlennost'. – 2014. – № 8. – S. 43-45. (In Russian).
13. Alexeyeva N. To the question on the technology of koumiss production / N. Alexeyeva, E. Mineyev // Byulleten' nauki i praktiki. – 2017. – № 10(23). – S. 138-144. (In English).
14. Navraltilova P. Content of nutritionally important components in mare milk fat / P. Navraltilova // Mjekarstvo. – 2018. – Vol. 68(4). – P. 282-294. (In English).
15. Guo L. Priduction technology, nutritional, and microbiological investigation of traditionally fermented mare milk (Chigee) from Xilin Gol in China / L. Guo // Food Science and Nutrition. – 2019. – P. 1-8. (In English).

П.Б. Ашимова*, А.Д. Серикбаева, Г.Т. Туменова, А.Т. Кожабергенов, В.С. Жамурова

Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100
*e-mail: ashimova_perizat@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА ЧАСТНОГО ХОЗЯЙСТВА ИЗ СЕЛА ШАЛКОДЕ, РАЙЫМБЕКСКОГО РАЙОНА, АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрены результаты исследования физико-химических, органолептических и химических показателей четырёх образцов кобыльего молока, полученных из хозяйства села «Шалкоде» Райымбекского района Алматинской области. Для определения качественных показателей молока использовался анализатор MilkoScan FT 1. Проведён сравнительный анализ средних показателей молока, собранного в летний и осенний периоды.

Результаты исследования физико-химических показателей кобыльего молока из села «Шалкоде» направлены на определение его пищевой ценности. В ходе исследования были рассмотрены основные показатели: жирность, содержание белка, сухие вещества, лактоза, глюкоза и казеин.

Жирность молока составляет 1,95%-2,03%, что соответствует средней жирности кобыльего молока. Содержание белка варьируется в пределах 1,5%-2,2%, что свидетельствует о

его высокой биологической ценности. Содержание сухих веществ составляет 11,73%-11,75%, что указывает на богатство минералов и питательных веществ.

Уровень лактозы составляет 7,01%, обеспечивая сладкий вкус молока и являясь основным источником энергии. Содержание глюкозы составляет около 0,27%-0,28%, что демонстрирует стабильность показателей при надлежащем уходе за животными и их кормлении. Содержание казеина составляет 1,27%-1,31%, что подтверждает высокое качество белков в составе молока.

В целом, результаты исследования позволяют высоко оценить пищевую ценность кобылье молоко. Все физико-химические показатели являются стабильными и соответствуют требованиям качества.

Ключевые слова: Кобылье молоко, показатели качества кобылье молоко, молочная продукция, безопасность, жир, белок, пищевая ценность, лактоза, глюкоза.

P.B. Ashimova*, A.D. Serikbayeva, G.T. Tumenova, A.T. Kozhabergenov, V.S. Zhamurova
Almaty University of Technology,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole bi Street, 100
*e-mail: ashimova_perizat@mail.ru

A STUDY OF THE NUTRITIONAL VALUE OF MARE'S MILK FROM A PRIVATE FARM FROM THE VILLAGE OF SHALKODE, RAYYMBEK DISTRICT, ALMATY REGION

The article presents the results of a study on the organoleptic, physical, and chemical properties of four samples of mare's milk obtained from a farm in the village of «Shalkode», Rayimbek District, Almaty Region. The MilkoScan FT 1 milk analyzer was used to determine the qualitative indicators of the milk, with a comparative analysis of the average results obtained during the summer and autumn seasons.

The study of the physicochemical properties of mare's milk from the village of "Shalkode" aimed to assess its nutritional value. The key parameters analyzed included fat content, protein content, dry matter, lactose, glucose, and casein.

The fat content of the milk was found to range between 1,95% and 2,03%, which corresponds to the average fat content of mare's milk. The protein content ranged between 1,5% and 2,2%, highlighting the high biological value of the milk. The dry matter content was 11,73%-11,75%, indicating a rich composition of minerals and nutrients.

The lactose level was measured at 7,01%, contributing to the sweet taste of the milk and serving as a primary energy source. The glucose content was approximately 0,27%-0,28%, reflecting the stability of the indicators under proper care and feeding conditions. The casein content ranged from 1,27% to 1,31%, confirming the high protein quality of the milk.

Overall, the study results highlight the high nutritional value of mare's milk. All physicochemical parameters were stable and of high quality.

Key words: mare's milk, koumiss, mare's milk quality indicators, dairy products, safety.

Авторлар туралы мәліметтер

Перизат Бакытжановна Ашимова* – «Тағамдық биотехнология» кафедрасының докторанты; Алматы Технологиялық Университеті, Қазақстан; e-mail: ashimova_perizat@mail.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – биология ғылымдарының докторы, профессор, «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан; e-mail: serikbayeva@yandex.kz.

Галия Тлеухановна Туменова – «Тағам қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; g.tumenova@mail.ru.

Ақылжан Туралиевич Кожаберген – қауымдастырылған профессоры «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан; e-mail: kozhabergenov79@mail.ru.

Венера Серикбаевна Жамурова – қауымдастырылған профессоры «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан; e-mail: winni80@mail.ru.

Сведения об авторах

Перизат Бакытжановна Ашимова* – докторант кафедры «Пищевая биотехнология»; Алматинский Технологический Университет, Қазақстан; e-mail: ashimova_perizat@mail.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Қазақстан; e-mail: serikbayeva@yandex.kz.

Галия Тлеухановна Туменова – профессор кафедры «Продовольственная безопасность», Қазақстан; e-mail: g.tumenova@mail.ru.

Ақылжан Туралиевич Кожабергенов – ассоциированный профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Қазақстан; e-mail: kozhabergenov79@mail.ru.

Венера Серикбаевна Жамурова – ассоциированный профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Қазақстан; e-mail: winni80@mail.ru.

Information about the authors

Perizat Bakytzhanovna Ashimova – Doctoral student of the Department of Food Biotechnology; Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: ashimova_perizat@mail.ru.

Asiya Demeukhanovna Serikbayeva – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Food Safety, Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan; e-mail: serikbayeva@yandex.kz.

Galia Tleukhanovna Tumenova – Professor of the Department of Food Security. Kazakhstan; e-mail: g.tumenova@mail.ru.

Akylzhan Turalievich Kozhabergenov – Associate Professor of the Department of Technology and Food Safety, Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan; e-mail: kozhabergenov79@mail.ru.

Venera Serikbaevna Zhamurova – Associate Professor of the Department of Technology and Food Safety, Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan; e-mail: winni80@mail.ru.

Редакцияға енуі 07.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 02.12.2024

Жариялауға қабылданды 03.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-31](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-31)

FTAXP: 31.27.21



Н. Мұратжанқызы^{1*}, Ә.Л. Қасенов², С.Д. Токаев², Г.Б. Абдилова¹, Б.А. Лобасенко³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

³Кемерово мемлекеттік университеті,

650000, Ресей Федерациясы, Кемерово қ., Красная к-сі, 6

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

ЖЕРГІЛІКТІ ЖЕРДЕ ӨСЕТІН ШЫРҒАНАҚ ӨНІМІНІҢ ДӘРУМЕНДІК ҚҰРАМЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа: Бұл мақалада тамақ өнімдерін құнды дәрумендермен және минералдармен одан әрі байыту үшін зерттеу объектісі ретінде алынған жергілікті жерде өсетін жабайы шырғанақ өнімін талдау нәтижесі сипатталады.

Шырғанақ бірқатар маңызды биологиялық белсенді қосылыстардың құнды көзі болып табылады. Оның жемістерінде суда және майда еритін витаминдер, липидтер, полифенолдар, көмірсулар, амин қышқылдары және минералдар бар. Дегенмен, оның құрамында жоғары физиологиялық белсенділігі бар және бірқатар ауруларды емдеуде қолданылатын бірегей майдың болуына байланысты үлкен қызығушылық тудырады.

Аналитикалық мақсатта қолданылатын тиімділігі жоғары сұйық хроматографсына қысқаша сипаттама берілді. Талдау үшін дәрумендердің стандартты ерітінділері, фосфор қышқылы, сұйық хроматографияға арналған ацетонитрил қолданылды. Дәрумендерді анықтау тәсілінде талданатын сынаманы дайындаудан бастаймыз және талдау жасаудың сатылы жолы көрсетілді.

Талдау нәтижесіндегі тағамдық құндылығы сақиналы диаграмма түрінде берілді және шырғанақ құрамында айтарлықтай, яғни 81-89 % судың болатындығы байқалды, сондықтан ол шырынды жемістер тобына кіреді. Шырғанақ құрамында ағзаның дұрыс қалыптасуына пайдалы майда және суда еритін дәрумендер (Е, В тобы) мен макро- және микро- элементтерге бай екендігі анықталды.

Түйін сөздер: шырғанақ, дәрумендер, минералдық құрам, жоғары тиімді сұйықтық хроматографы (ЖТСХ), сынаманы дайындау әдісі.

Кіріспе

Адамның тамақтануы-ағзаның тіндерін қалпына келтіру және құру, олардың өсуі, дамуы және қалыпты жұмыс істеуі үшін негізгі биологиялық қажеттілігі. Тұрақты тамақтану метаболикалық процестердің үздіксіздігін, қалыпты денсаулық пен жұмысқа қабілеттілігін арттырады. Қалыпты өмір сүру үшін дұрыс тамақтану керек, яғни ағзаны жеткілікті мөлшерде ақуыздармен, көмірсулармен, майлармен, дәрумендермен, микроэлементтермен қамтамасыз ететін өнімдердің жиынтығы болуы керек. Осындай өнім топтарының бірі-жемістер мен жидектер, олардың тағамдық қасиеттері мен таралуына байланысты өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындары үшін маңызды шикізат базасы бола алады [1, 2].

Соңғы жылдары шырғанақ экологиялық құндылығы мен денсаулыққа әсер етудің қолайлы әлеуетіне байланысты бүкіл әлемде танылды. Құрамында шырғанақ бар азық-түлік өнімдері көптеген Еуропа елдерінде пайдалы тағам ретінде танымал бола бастады. Шырғанақ шырындар, кәмпиттер, желе, джемдер, алкогольдік немесе алкогольсіз сусындар мен сүт өнімдерін қоса алғанда, нарықтағы әртүрлі тағамдардың ингредиенті ретінде қолданылады. Қазақстанда жабайы өсетін шырғанақтарының едәуір қоры бар.

Шырғанақ тамақ өнеркәсібінде, медицинада және халық шаруашылығының басқа салаларында кеңінен қолданылады. Оның жемістерінде суда және майда еритін дәрумендер (А, В1, В2, В3, В6, С), липидтер, полифенолдар, көмірсулар, амин қышқылдары, минералдар бар [3].

Шырғанақтың жабайы түрлері еліміздің көптеген аймақтарында кеңінен өседі және мәдени сорттар сияқты тамақ және өңдеу өнеркәсібі үшін құнды шикізат ретінде пайдаланылуы мүмкін, өйткені олардың құрамында биологиялық белсенді заттар жеткілікті [4].

Зерттеу объектілері мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде жергілікті жерде өсетін шырғанақ өнімі алынды.

Сынамалардағы дәрумендерді анықтау Shimadzu LC-20 Prominence сұйық хроматографында (сурет 1), градиентті элюирлеумен жүргізілді. Дәрумендерді бөлу үшін 25 см*4,7 мм supelco C18 хроматографиялық баған қолданылды. Жұмыс кезінде негізгі бағанды ластанудан қорғау үшін бағаналды бағанмен жабдықталған. Сынамалар автосамплермен енгізілді. Енгізілген сынаманың көлемі 10 мкл болды. Жұмыста дәрумендердің стандартты ерітінділері (Sigma-Aldrich, АҚШ), фосфор қышқылы 85% (Sigma-Aldrich, АҚШ), «ЖТСХ» PR-V Германия сұйық хроматографияға арналған ацетонитрил қолданылды [5, 6].

Сынама дайындау: Дәрумендерді анықтау тәсілінде талданатын өнімнің ілмегінен анықталатын дәруменді алу, сығындыны сүзу, центрифугалау, сондай-ақ баған үшін баған, газсыздандырғыш және термостатты қолдана отырып, ТЖСХ әдісімен сынаманы хроматографиялау жүзеге асырылады, мұнда жылжымалы фаза а- (0,6% – фосфор қышқылы) рН 1,5-1,8 жылжымалы фаза пайдаланылады; жылжымалы фаза Б-ацетонитрил.



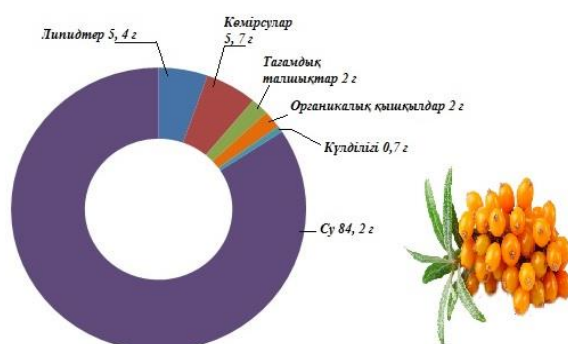
Сурет 1 – Жоғары тиімді сұйықтық хроматографы (ЖТСХ)

Талданатын өнім – шырғанақты біртекті күйге келтіріп, 0,0005 г аспайтын қателікпен өлшейміз. В1, В2, В6 дәрумендерінің экстракциясын алу үшін 16 мл 0,01 моль/дм³ HCl енгіземіз. Шырғанақтың дәл навескасы сыйымдылығы 250 мл шыны колбаға салынады, экстрагентпен құйылады және ультрадыбыстық ваннаға салынады, содан кейін араластырғыш құрылғыда 15 минут салқындатылады. Центрифугалау 7500-8000 айн/мин жылдамдықта 4-5 минут жүргізіледі, содан кейін центрифугат 25 мл колбаға құйылады. Центрифугалау арқылы жуу 10 мл экстрагентпен 1 рет жүзеге асырылады. Біріктірілген

центрифугат ионсыздандырылған сумен белгіленеді және механикалық қоспалардан тазарту үшін тесік диаметрі 0,45 мкм мембраналық сүзгі арқылы сүзіледі. Алынған сорғыш виалкаларға ауыстырылады және кері фазалық нұсқаны, градиентті элюирлеуді пайдаланып талдайды, баған температурасы 200°C, ағынның элюирлеу жылдамдығы – 0,8 мл/мин. Спектрофотометриялық детекторға қарағанда нафлуориметриялық детекторда дәрумендердің бөлінуі жақсы жүреді. Хроматография шарттарын тағайындау кезінде біз 2 детекторды қосатындықтан, флуори детекторында жақсы бөлуді байқай аламыз. Үлгілердегі дәрумендердің концентрациясы 100 грамм өнімге есептеледі.

Ғылыми нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу барысында тамақ өнімдерін құнды дәрумендер мен минералдармен одан әрі байыту үшін жергілікті жерде өсетін шырғанақтың құрамы талданды. Зерттеу нәтижесі бойынша жеміс жұмсағы жемістің орташа есеппен 85%, қабығы 8,73%, тұқымы 6,27% құрады (сурет 2). Шікі массадағы липидтердің жалпы мөлшері жұмсағы үшін 6,8%, қабығы үшін 8,5% және тұқымдар үшін 6,1% құрады. Шырғанақ жемістерінің тағамдық құндылығы 2-суретте көрсетілген және орташа есеппен 5,4 г липидтер, 5,7 г көмірсулар, 2 г диеталық талшық, 2 г органикалық қышқылдар, 0,7 г күл, 84,2 г су құрады. Шырғанақ жемістерінің энергетикалық құндылығы 76,2 кКал.



Сурет 2 – Сынама жемістерінің тағамдық құндылығы

Шырғанақ құрамында ағзаның дұрыс қалыптасуына пайдалы майда және суда еритін дәрумендер (Е, В тобы) мен макро- және микро- элементтерге бай екендігі анықталды. Токоферолдардың құрамы бойынша шырғанақ жемісі барлық жеміс-жидек дақылдарынан асып түседі (мүкжидекті қоспағанда) (1, 2 кесте).

1 кесте – Шырғанақтың дәрумендік құрамы

Сынама атауы	Дәрумендік құрам, мг/кг		
	В6 (пиридоксин)	В1 (тиамин)	Е (токоферол)
Шырғанақ	0,423649	0,019851	4,423533

Калий – су балансын реттейді және қан қысымын қалыпты ұстайды. Кальций – сау сүйектер мен тістер үшін өте маңызды. Магний – энергия алмасуына және бұлшықеттердің релаксациясына қатысады. Темір – гемоглобинді көтеруге және анемияның алдын алу үшін маңызды. Және де мырыш, мыс, марганец бар [7, 8].

2 кесте – Шырғанақтың минералды құрамы

Спектр	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe
Бірінші	32,8	16,6	4,6	6,2	8,2	8,2	2,8	15,4	2,4	2,9
Екінші	33,5	16,2	2,5	6,7	7,5	8,1	4,6	15,1	3,7	2,1
Үшінші	19,7	10,5	4,2	9,1	12,1	11,7	8,2	20,9	3,7	-

Қорытынды

Шырғанақ жемістері Е дәруменіне, каротиноидтарға, фитостеролдарға және ішкі және жергілікті ауруларды емдеуге пайдалы емдік қасиеттері бар маңызды май қышқылдарына бай.

Шырғанақта жүрек, тері проблемалары, тері инфекциялары, қабыну, буын ауруы, депрессия және т.б. үшін қолданылатын әртүрлі қоректік заттар бар. Шырғанақ қанды

бақылауда ұстауға және 2 типті қант диабетінен қорғауға көмектеседі. Адамдарға жүргізілген шағын зерттеу теңіз шырғанағын жеу тамақтанғаннан кейін бірден инсулин секрециясын бақылауға көмектесетінін көрсетеді [9].

Шырғанақ шырынын алуға арналған жабдықты жетілдіру барысында жабайы шырғанақтың құрамын зерттеу маңызды этапқа жатады.

Шырғанақ шикізатын тамақ өнімдеріне қосу арқылы, өнімдер С дәрумені (316-1000 мг/100 г), А (11 мг/100 г), Е дәрумені (8-18 мг/100 г), Р дәрумені (1000 мг/100 г дейін), В1, В2, В9, РР және К дәрумендері, сондай-ақ әртүрлі микроэлементтер, фенолдық қосылыстар, органикалық қышқылдар сияқты құнды қоректік заттармен байытылады. Сонымен қатар, шырғанақ өнімін тамақ өнімдерін өндіруде қоспа ретінде пайдалану ассортиментті кеңейтеді, тағамдық құндылығы мен тұтынушылық сипаттамаларын арттыруға ықпал етеді [10].

Әдебиеттер тізімі

1. Tahseen F.M. Functional Food / F.M. Tahseen // A Review. European Academic Research. – 2016. – Vol. IV – September.
2. Functional foods and their impact on health. / M.M. Essa et al // Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 60. – P. 820-834.
3. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals / M.B. Lalit et al // Food Research International. – 2011. – № 44. – P. 1718-1727.
4. Никулина Е.О. Облепиховый шрот как функциональный ингредиент для создания продуктов функционального назначения. / Е.О. Никулина, Г.В. Иванова, О.Я. Кольман // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 10(109). – P. 98-105.
5. Сычев К.С. Практическое руководство по жидкостной хроматографии / К.С. Сычев. – Москва: Техносфера, 2010. – 272 с.
6. Высокоэффективная жидкостная хроматография поколения LC-20 буклет – [Электрон. ресурс]. – URL: <https://www.shimadzu.com/>.
7. Mineral Composition of Sea Buckthorn / Zh. Tokhtarov et al // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – № 7(4). – P. 1373-1377.
8. Nieder R. Macro- and Secondary Elements and Their Role in Human Health. / R. Nieder, D.K. Benbi, F.X. Reichl // In: Soil Components and Human Health. Springer, Dordrecht. – 2018. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_6.
9. Рожнов Е.Д. Научно-практические основы технологий напитков из облепихи крушиновидной (*hipporhae rhamnoides* L.) повышенной стабильности: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.07 / Рожнов Евгений Дмитриевич; ФГБОУ ВО «Уральский гос. экон. уни-т»; науч. рук. М.Н. Школьников. – Екатеринбург. – 2021. – 367 с.
10. Использование порошка облепихи в производстве кондитерских изделий / Н.Н. Типсина и др. // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 5 – с. 223-228.

References

1. Tahseen F.M. Functional Food / F.M. Tahseen // A Review. European Academic Research. – 2016. – Vol. IV – September. (In English).
2. Functional foods and their impact on health. / M.M. Essa et al // Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 60. – P. 820-834. (In English).
3. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals / M.B. Lalit et al // Food Research International. – 2011. – № 44. – R. 1718-1727. (In English).
4. Nikulina E.O. Oblepikhovyi shrot kak funktsional'nyi ingredient dlya sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya. / E.O. Nikulina, G.V. Ivanova, O.YA. Kol'man // Vestnik KraSGAU. – 2015. – № 10(109). – R. 98-105. (In Russian).
5. Sychev K.S. Prakticheskoe rukovodstvo po zhidkostnoi khromatografii / K.S. Sychev. – Moskva: Tekhnosfera, 2010. – 272 s. (In Russian).
6. Vysokoeffektivaya zhidkostnaya khromatografiya pokoleniya LC-20 buklet – [Ehlektron. resurs]. – URL: <https://www.shimadzu.com/>. (In Russian).
7. Mineral Composition of Sea Buckthorn / Zh. Tokhtarov et al // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – № 7(4). – R. 1373-1377. (In English).

8. Nieder R. Macro- and Secondary Elements and Their Role in Human Health. / R. Nieder, D.K. Benbi, F.X. Reichl // In: Soil Components and Human Health. Springer, Dordrecht. – 2018. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_6. (In English).
9. Rozhnov E.D. Nauchno-prakticheskie osnovy tekhnologii napitkov iz oblepikhi krushinovidnoi (hippophae rhamnoides L.) povyshennoi stabil'nosti: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.18.07 / Rozhnov Evgenii Dmitrievich; FGBOU VO «Ural'skii gos. ehkon. uni-T»; nauch. ruk. M.N. Shkol'nikova. – Ekaterinburg. – 2021. – 367 s. (In Russian).
10. Ispol'zovanie poroshka oblepikhi v proizvodstve konditerskikh izdelii / N.N. Tipsina i dr. // Vestnik KraSGAU. – 2013. – № 5 – s. 223-228. (In Russian).

Н. Муратжанкызы^{1*}, А.Л. Касенов², С.Д. Токаев², Г.Б. Абдилова¹, Б.А. Лобасенко³

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,

010011, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Победы, 62

³Кемеровский Государственный университет,

650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

АНАЛИЗ ВИТАМИННОГО СОСТАВА ОБЛЕПИХОВОГО ПРОДУКТА МЕСТНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

В данной статье описан результат анализа продукции местной дикорастущей облепихи, взятой в качестве объекта исследования для дальнейшего обогащения пищевых продуктов ценными витаминами и минералами.

Облепиха является ценным источником ряда важных биологически активных соединений. Его плоды содержат водорастворимые и жирорастворимые витамины, липиды, полифенолы, углеводы, аминокислоты и минералы. Тем не менее, он представляет большой интерес из-за наличия в нем уникального масла, которое обладает высокой физиологической активностью и используется при лечении ряда заболеваний.

Дано краткое описание высокоэффективного жидкостного хроматографа, используемого в аналитических целях. Для анализа использовались стандартные растворы витаминов, фосфорная кислота, ацетонитрил для жидкостной хроматографии. В методе определения витаминов мы начинаем с подготовки анализируемой пробы и показываем Пошаговый способ проведения анализа.

Пищевая ценность в результате анализа была дана в виде кольцевой диаграммы, и было замечено, что облепиха содержит значительное, то есть 81-89% воды, поэтому она входит в группу сочных фруктов. Установлено, что облепиха богата жирорастворимыми и водорастворимыми витаминами (группы E, B) и макро- и микроэлементами, полезными для правильного формирования организма.

Ключевые слова: облепиха, витамины, минеральный состав, высокоэффективный жидкостный хроматограф (ВЭЖХ), способ подготовки пробы.

N. Muratzhankyzy^{1*}, A. Kassenov², S. Tokayev², G. Abdilova¹, B. Lobasenko³

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62

³Kemerovo State University,

650000, Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya Street, 6

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

DETERMINATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF PRESS EQUIPMENT IMPROVEMENT FOR SEA BUCKTHORN JUICE PRODUCTION

This paper will describe the result of analysis of local wild sea buckthorn products taken as an object of research for further enrichment of food products with valuable vitamins and minerals.

Sea buckthorn is a valuable source of a number of important biologically active compounds. Its fruits contain water-soluble and fat-soluble vitamins, lipids, polyphenols, carbohydrates, amino acids and

minerals. Nevertheless, it is of great interest because of the presence of its unique oil, which has high physiological activity and is used in the treatment of a number of diseases.

A brief description of a high-performance liquid chromatograph used for analytical purposes is given. Standard solutions of vitamins, phosphoric acid, acetonitrile for liquid chromatography were used for analysis. In the method of vitamin determination we start with the preparation of the sample to be analyzed and show Step by Step method of analysis.

The nutritional value as a result of the analysis was given in the form of a ring diagram and it was observed that sea buckthorn contains considerable, that is, 81 - 89% water, so it belongs to the group of juicy fruits. It was found that sea buckthorn is rich in fat-soluble and water-soluble vitamins (groups E, B) and macro- and micro - elements useful for proper formation of the body.

Key words: sea buckthorn, vitamins, mineral composition, high-performance liquid chromatograph (HPLC), sample preparation method.

Авторлар туралы мәліметтер

Назерке Мұратжанқызы* – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» білім беру бағдарламасының ізденушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Әміржан Леонидович Қасенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессор м.а.; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Серик Дуйсенғалиевич Токаев – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Галия Бекеновна Абдилова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының меңгерушісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>

Борис Анатольевич Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, «Өнеркәсіптік дизайн» кафедрасының профессоры, Кемерово мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Сведения об авторах

Назерке Муратжанқызы* – соискатель образовательной программы «Технологические машины и оборудование»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, и.о. профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Серик Дуйсенғалиевич Токаев – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Галия Бекеновна Абдилова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Технологическое оборудование», Университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Борис Анатольевич Лобасенко – доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленный дизайн», Кемеровский Государственный университет, Российская Федерация; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Information about the authors

Nazerke Muratzhankyzy – Co-applicant of the educational program «Technological Machines and Equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Amirzhan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of food and processing industries»; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Serik Tokaev – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the department «Technology of food and processing industries», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Galiya Abdilova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Technological Equipment», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Boris Lobasenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Industrial Design Department, Kemerovo State University, Russian Federation; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Редакцияға енуі 02.12.2024

Өңдеуден кейін түсуі 07.12.2024

Жариялауға қабылданды 09.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-32)



МРНТИ: 62.13.27

А.У. Исаева, С.С. Каримова*, А.И. Жумадулаева, Р.Б. Аралбаева, С.Б. Аширбаева

Шымкентский Университет,

160031, Республика Казахстан, г. Шымкент, Каратауский район, ул. Жибек жолы,
земельный участок № 6

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ

Аннотация: Лигноцеллюлозная биомасса (ЛЦБ) представляет собой важный ресурс для получения биотоплива и других высокоценных продуктов. Основными компонентами ЛЦБ являются целлюлоза и лигнин, которые сложно разлагаются. Исследования последних лет сосредоточились на применении целлюлозолитических микроорганизмов, таких как бактерии *Bacillus subtilis*, грибы *Trichoderma reesei* и *Penicillium oxalicum*, для эффективного расщепления этих компонентов. В статье представлен обзор современных достижений, включая применение глубоких эвтектических растворителей (DES), что показало улучшение доступности целлюлозы и повышение выхода сахаров до 80%. Применение агропромышленных отходов, таких как рисовая солома, в качестве субстрата для производства ферментов, способствует снижению стоимости производства и поддерживает циркулярную биоэкономику.

Описаны стратегии повышения эффективности ферментативной переработки, включая разработку мультиферментных комплексов и генетически модифицированных штаммов микроорганизмов. Например, использование многофункциональных ферментов из *Clostridium cellulosi* позволило увеличить выход сахаров на 30%. Рассмотрены возможности интеграции ко-культур грибов и гидротермальных методов обработки, которые обеспечивают синергетический эффект в переработке ЛЦБ.

Особое внимание уделено ключевым ферментам, таким как целлюлазы, гемицеллюлазы и лигниназы, и их роли в расщеплении растительных полимеров. Обсуждаются перспективы дальнейших исследований, включая разработку термостабильных ферментов, внедрение экологически чистых методов обработки и интеграцию новых технологий в промышленные биорефинерии.

Ключевые слова: Целлюлозолитические микроорганизмы, лигноцеллюлозная биомасса, биоконверсия, микробные консорциумы, деградация целлюлозы.

Введение

Лигноцеллюлозная биомасса (ЛЦБ), состоящая преимущественно из целлюлозы (40-50%), гемицеллюлозы (20-30%) и лигнина (15-25%), является одним из самых распространенных и доступных возобновляемых ресурсов на Земле [1]. Ежегодное

производство ЛЦБ достигает 181,5 млрд тонн, что делает её значимым сырьём для биоэнергетики и биопродукции [6].

Использование ЛЦБ активно развивается благодаря её доступности и экологическим преимуществам. Она может служить сырьём для производства биотоплива второго поколения, химикатов и других ценных продуктов, что снижает зависимость от ископаемых ресурсов и уменьшает выбросы парниковых газов. Например, переработка сельскохозяйственных отходов, таких как рисовая солома и кукурузные стебли, позволяет сократить выбросы парниковых газов на 20-30% [3].

Однако сложная структура ЛЦБ, обусловленная наличием плотных связей между лигнином, целлюлозой и гемицеллюлозой, ограничивает её переработку [13]. Лигнин образует барьер, препятствующий эффективному гидролизу и ферментативному расщеплению целлюлозы. Для решения этой проблемы разработаны методы предварительной обработки, включая использование химических реагентов, глубоких эвтектических растворителей и других технологий, которые позволяют разрушать лигнин и увеличивать доступность целлюлозных волокон. Например, использование глубоких эвтектических растворителей увеличивает выход сахаров до 85% [25].

Целлюлозолитические микроорганизмы играют ключевую роль в преобразовании ЛЦБ в простые сахара и другие ценные продукты. Эти микроорганизмы синтезируют ферменты, способные разлагать полисахариды, и используются в различных биотехнологических процессах, включая получение биоэтанола, биогаза и продуктов с высокой добавленной стоимостью. Особое внимание уделяется генетически модифицированным штаммам, таким как *Trichoderma reesei*, которые демонстрируют повышенную активность и стабильность ферментов [42].

Актуальность изучения ЛЦБ обусловлена несколькими факторами. Во-первых, необходимость перехода на устойчивые источники энергии требует разработки эффективных технологий переработки биомассы. Во-вторых, проблема утилизации агроиндустриальных отходов и биомассы лесного и сельскохозяйственного происхождения остаётся значимой. В-третьих, интеграция принципов циркулярной экономики делает ЛЦБ важным элементом биоэкономики будущего.

Переработка ЛЦБ с использованием целлюлозолитических микроорганизмов представляет собой более экологически чистую и эффективную альтернативу традиционным химическим методам. Это способствует снижению затрат, уменьшению воздействия на окружающую среду и повышению устойчивости технологий. В данном исследовании рассматриваются достижения и вызовы в области применения целлюлозолитических микроорганизмов для переработки ЛЦБ.

Материалы и методы

Для подготовки данного обзора преимущественно были использованы литературные источники, опубликованные в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Основное внимание уделялось работам, опубликованным за последние 10 лет.

При написании настоящего обзора поиск литературных источников осуществлялся по следующим ключевым словам: *cellulolytic microorganisms* (целлюлозолитические микроорганизмы), *lignocellulosic biomass degradation* (разложение лигноцеллюлозной биомассы), *bioconversion of lignocellulose* (биоконверсия лигноцеллюлозы), *enzymatic hydrolysis of cellulose* (ферментативный гидролиз целлюлозы), *bioprocessing of lignocellulosic materials* (биопереработка лигноцеллюлозных материалов), *microbial cellulose degradation* (микробиологическое разложение целлюлозы), *lignocellulosic waste valorization* (утилизация и переработка лигноцеллюлозных отходов), *cellulase production* (продукция целлюлаз), *industrial applications of cellulolytic enzymes* (промышленные применения целлюлолитических ферментов), *sustainable biomass conversion* (устойчивая конверсия биомассы). В результате были изучены 59 статей.

Результаты исследований и их обсуждение

Использование лигноцеллюлозной биомассы в качестве возобновляемого сырья для производства биоэнергии и биохимических продуктов активно развивается в последние годы благодаря её доступности и экологическим преимуществам. Важную роль в этом процессе играют целлюлолитические микроорганизмы, способные разрушать сложные полимеры,

такие как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин, в более простые компоненты, которые могут быть использованы для производства различных ценных продуктов. Недавние исследования демонстрируют значительный прогресс в применении целлюлозолитических микроорганизмов и технологий для переработки лигноцеллюлозы.

Одним из ключевых этапов переработки лигноцеллюлозной биомассы является её предварительная обработка, которая улучшает доступность целлюлозы и гемицеллюлозы для дальнейшей ферментации. Исследование ученых указывает на высокий потенциал глубоких эутектических растворителей (DES) в качестве эффективных агентов для предварительной обработки биомассы [1]. DES демонстрируют способность разрушать лигнин и увеличивать выход сахаров, что делает их перспективными для использования в биорефинериях. Такие растворители являются экологически безопасными и устойчивыми альтернативами традиционным химическим методам. Параллельно с развитием новых методов предварительной обработки биомассы активно исследуются возможности использования агропромышленных отходов в качестве субстрата для производства ферментов. В обзоре авторов рассматриваются различные виды отходов агропромышленности, такие как рисовая солома и кукурузные стебли, которые могут быть эффективно использованы для получения целлюлолитических ферментов [2]. Это не только снижает стоимость производства, но и способствует развитию циркулярной биоэкономики, где отходы превращаются в ресурс для получения высокоценных продуктов. Современные исследования подчеркивают важность создания интегрированных биорефинерий, которые позволяют максимально эффективно использовать лигноцеллюлозную биомассу. Авторы отмечают, что переработка сельскохозяйственных отходов в биорефинериях может значительно повысить устойчивость производства биоэнергии и биоразлагаемых материалов, что играет важную роль в развитии циркулярной биоэкономики [3]. Ученые также подчеркивают ценность рисовой соломы как доступного сырья для получения ценных углеродсодержащих материалов, что ещё больше расширяет возможности её применения [6]. Эффективная переработка лигноцеллюлозы невозможна без участия ферментов, которые расщепляют целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин. Авторы выделяют важную роль грибных лигноцеллюлолитических ферментов в мультипродуктовых биорефинериях [8]. Эти ферменты способны разрушать сложные структуры лигноцеллюлозы, открывая путь к созданию различных биопродуктов, включая биоэтанол. В исследовании ученых подчеркивается важность системной биологии для разработки методов биорафинирования лигноцеллюлозных остатков, где особое внимание уделяется микроорганизмам, таким как *Bacillus subtilis*, способным эффективно продуцировать ферменты для гидролиза биомассы [9].

Лигноцеллюлозная биомасса, представляющая собой основное сырьё для производства биоэнергии и биопродуктов, имеет значительный потенциал для использования в устойчивых технологиях переработки. В последние годы наблюдается активный рост интереса к целлюлозолитическим микроорганизмам и их ферментам, которые способны эффективно разлагать целлюлозу и гемицеллюлозу, что открывает новые горизонты для переработки этой биомассы.

Современные достижения в области ферментативной переработки лигноцеллюлозной биомассы связаны с использованием различных подходов, направленных на улучшение производительности ферментов. Исследователи подчеркивают значимость промышленных приложений ферментов, где внимание уделяется новым методам и техникам, способствующим повышению их активности и стабильности [11]. Разработка многомодульных ферментных комплексов, таких как многофункциональные эндоглюканазы, открывает новые возможности для повышения эффективности гидролиза целлюлозы. Например, исследование ученых демонстрирует, что синергетическая гидролиз целлюлозы, осуществляемая многофункциональными ферментами из *Clostridium cellulosi*, приводит к значительному увеличению выхода ферментируемых сахаров [13]. Использование генетических модификаций также является важным направлением в улучшении производства целлюлолитических ферментов. Авторы изучают, как изменение генетических характеристик микроорганизмов, таких как *Penicillium oxalicum*, позволяет производить высокоэффективные целулазы, включая β -глюкозидазу, которая играет ключевую роль в расщеплении целлюлозы до сахаров, подходящих для ферментации [15]. Это подчеркивает значимость

биотехнологического подхода для повышения выхода биоэнергии из лигноцеллюлозной биомассы. Различные технологии, такие как твердая ферментация, также активно исследуются для производства целлюлолитических ферментов. Исследователи описывают недавние достижения в области твердой ферментации, которые позволяют эффективно производить микробные целулазы с использованием разнообразных субстратов [16]. Это направление обещает не только экономическую целесообразность, но и улучшение общей эффективности процесса переработки биомассы.

Среди методов предварительной обработки лигноцеллюлозной биомассы, привлекающих внимание исследователей, особую роль играют ионные жидкости и поверхностно-активные вещества. Исследование Nargotra et al. показывает, что использование поверхностно-активных веществ в сочетании с ионными жидкостями значительно увеличивает эффективность производства биоэтанола из таких видов биомассы, как *Parthenium hysterophorus* [18]. Эти методы позволяют улучшить доступность целлюлозы для ферментации, что подтверждается результатами исследования Houfani et al., посвященного ферментативному разложению целлюлозы и гемицеллюлозы [19]. Современные исследования в области переработки лигноцеллюлозной биомассы подчеркивают важность интеграции различных технологий для достижения максимальной эффективности. Ostby et al. акцентируют внимание на принципах и последних достижениях в области ферментативной переработки, что позволяет разработать более устойчивые и высокоэффективные процессы [20]. Это включает в себя использование идеального сырья и усовершенствование процессов ферментации для производства лигноцеллюлолитических ферментов, как упоминается в работе Iram et al. [21].

Различные лигноцеллюлолитические ферменты, такие как целулазы и гемицеллюлазы, расщепляют целлюлозу и гемицеллюлозу до простых сахаров, которые затем могут быть преобразованы в различные продукты. Лигнинолитические ферменты, в свою очередь, разрушают лигнин, образуя различные ароматические соединения. Вспомогательные ферменты, такие как глюкозооксидаза, арилалкогоксидаза, глиоксальоксидаза и глюкоолигосахаридоксидаза, усиливают активность пероксидаз, способствуя разрушению лигнина. Кроме того, литические полисахаридмонооксигеназы играют ключевую роль в деградации кристаллической целлюлозы, которые представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды лигноцеллюлолитических ферментов, участвующих в деградации лигноцеллюлозной биомассы

Лигноцеллюлозная биомасса, содержащая целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин, представляет собой важный ресурс для производства биоэнергии и биопродуктов. Однако, чтобы эффективно использовать этот ресурс, необходимо преодолеть сложные структуры клеточной стенки растений. В последние годы достигнуты значительные успехи в использовании целлюлозолитических микроорганизмов и их ферментов для улучшения переработки лигноцеллюлозной биомассы, что открывает новые горизонты в области биотехнологии. Целлюлозолитические микроорганизмы, такие как бактерии и грибы, играют ключевую роль в разложении лигноцеллюлозной биомассы благодаря их способности производить специфические ферменты. De Gonzalo et al. выделяют различные бактериальные ферменты, участвующие в деградации лигнина, таких как лакказы и пероксидазы, которые могут трансформировать сложные структуры лигнина в более простые ароматические соединения [22]. Это процесс особенно важен, так как лигнин часто препятствует доступу целлюлозолитических ферментов к целлюлозе и гемицеллюлозе. Plácido et al. подчеркивают, что лигнинолитические ферменты, такие как лигиназы, могут быть использованы как биотехнологическая альтернатива для производства биоэтанола, так как они позволяют улучшить доступность целлюлозы, расщепляя защитные структуры, что в свою очередь облегчает работу целлюлозолитических ферментов [23].

Одним из ключевых направлений в повышении эффективности переработки лигноцеллюлозной биомассы является разработка экологически чистых методов предварительной обработки. Sharma et al. исследуют различные подходы к предварительной обработке, включая использование водных экстрактов и природных реагентов, которые позволяют снизить использование химических веществ и повысить выход конечных продуктов [24]. Эти подходы могут быть особенно полезными в контексте устойчивой биоконверсии. Дополнительные исследования, проведенные Tauyab et al., показывают, что применение экологически чистых методов предварительной обработки, таких как паровая обработка, может значительно повысить выход биоэтанола из лигноцеллюлозной биомассы [26]. Этот процесс позволяет разрушить клеточные стенки и облегчить доступ к целлюлозе для ферментов.

Среди новых методов, применяемых в переработке лигноцеллюлозной биомассы, особое внимание уделяется ко-культурам грибов. Sperandio et al. отмечают, что использование культур грибов позволяет синергетически увеличить выход целлюлозолитических ферментов, что значительно улучшает эффективность переработки [28]. Комбинированное действие различных видов грибов может привести к созданию высокоэффективных ферментных комплексов, способствующих более глубокому расщеплению лигноцеллюлозной структуры. Кроме того, работа Rai et al демонстрирует, что добавление рекомбинантных лакказ в процессы ферментации может повысить термостабильность и эффективность гидролиза лигноцеллюлозной биомассы [29]. Это открывает новые перспективы для использования генетически модифицированных микроорганизмов в производственных процессах.

Совсем недавно также уделено внимание интеграции гидротермальных и биологических методов переработки. Работа Song et al. демонстрирует, что использование гидротермальной обработки в сочетании с ферментативными методами может значительно увеличить выход ферментов и конечных продуктов, что позволяет более эффективно использовать лигноцеллюлозную биомассу [30]. С недавними достижениями в области микробиологии и биотехнологии, особенно в использовании целлюлозолитических микроорганизмов, открываются новые возможности для эффективной переработки этого ресурса.

Исследования, проведенные Thapa et al., подчеркивают возможность получения этанола из муниципальных твердых отходов в Индии и Непале [31]. Используя целлюлозолитические микроорганизмы, ученые достигли значительных результатов в повышении выхода этанола. Эти результаты подтверждают важность биомассы как источника для производства возобновляемого топлива и указывают на необходимость дальнейших исследований в этой области. Tsegaye et al. также исследовали алькилирование лигнина и использование бактерий *Bacillus sp.* BMP01 для гидролиза рисовой и пшеничной соломы [32], [33]. В результате было установлено, что предварительная обработка, основанная на щелочах, значительно улучшает эффективность гидролиза и увеличивает выход биоэтанола. Это открывает новые горизонты для переработки различных видов лигноцеллюлозной биомассы.

Работа Tiwari et al. акцентирует внимание на биопроцессе функциональных целлюлаз, извлеченных из метагеномов, для производства второго поколения биотоплива [34]. Такой подход может значительно повысить выход целлюлозолитических ферментов, что является критически важным для эффективной переработки лигноцеллюлозной биомассы. Кроме того, Vasić et al в своем исследовании описывают различные источники лигноцеллюлозной биомассы и их применение для производства биоэтанола с использованием ферментативного гидролиза [36]. Эта работа подтверждает, что выбор исходного материала может существенно влиять на эффективность конечного продукта.

Совсем недавно, Valles et al. провели оптимизацию щелочной предварительной обработки для повышения конверсии рисовой соломы в бутанол [37]. Их результаты показывают, что предварительная обработка не только улучшает доступность целлюлозы, но и значительно увеличивает выход конечных продуктов. Этот подход является критически важным для реализации эффективной переработки лигноцеллюлозной биомассы. Исследования Vasaki et al. показали возможность производства биодизеля из лигноцеллюлозной биомассы с использованием *Yarrowia lipolytica* [38]. Это открытие подчеркивает многообразие применения целлюлозолитических микроорганизмов в

производстве не только биоэтанола, но и других видов топлива. В своей работе Wang et al. рассматривают лигноцеллюлозную биомассу как устойчивое сырье для производства энергии и хранения [40]. Они подчеркивают, что переработка лигноцеллюлозной биомассы может не только способствовать производству топлива, но и служить источником энергии для промышленных процессов. Работы, такие как исследования Wonoputri et al., подчеркивают важность параметров твердой ферментации для повышения выхода целлюлазы из пустых фруктовых гроздей [41]. Авторы выявили, что оптимизация условий ферментации может значительно увеличить производство целлюлазных ферментов, что, в свою очередь, способствует более эффективному гидролизу лигноцеллюлозной биомассы.

Дальнейшие исследования, проведенные Xiang et al., продемонстрировали, что непрерывное кормление паром обработанного *Miscanthus lutarioriparius* привело к увеличению производства целлюлазы *Trichoderma reesei* RUT C30 [42]. Эти находки подчеркивают значение использования эффективных субстратов для улучшения ферментативной активности. Работы Yan et al. описывают использование бактерий для улучшения предварительной обработки лигноцеллюлозной биомассы с разбавленной кислотой [43]. Этот подход значительно улучшил доступность целлюлозы для последующего ферментативного гидролиза, подчеркивая важность синергии между микробами и традиционными методами обработки. Исследование, проведенное Xia et al., предлагает новый подход с использованием био-вдохновленной двухступенчатой микрореакторной системы для повышения эффективности сакаризации лигноцеллюлозной биомассы [44]. Интеграция сложных ферментов в этот процесс позволила достигнуть значительных результатов в повышении выхода сахаров. Недавние работы, такие как исследование Zafar et al., сосредоточились на использовании термотолерантной рекомбинантной ксилозидазы из *Clostridium clariflavum* для гидролиза лигноцеллюлозной биомассы [46]. Эти новые ферменты демонстрируют большой потенциал в биотопливной отрасли и подчеркивают необходимость поиска и разработки новых ферментов для улучшения переработки лигноцеллюлозной биомассы. В своих работах Zhang et al. акцентируют внимание на важности оптимизации процессов предварительной обработки, адсорбции ферментов и ферментативного гидролиза [47, 48]. Комплексный подход, сочетающий экспериментальные и моделирующие исследования, позволяет выявить оптимальные условия для достижения максимальной конверсии лигноцеллюлозной биомассы в сахара. Также работа Zhuo et al. показывает, как использование бактерий для улучшения биорафинирования лигноцеллюлозы может повысить эффективность процессов переработки [50]. Участие микробов в процессе предварительной обработки создает благоприятные условия для ферментации и дальнейшего получения ценностных продуктов. Исследование Ziaei-Rad et al. рассматривает использование низкочастотного ионного раствора для предварительной обработки лигноцеллюлозной биомассы [51]. Эта методология не только повышает эффективность, но и делает процесс производства биоэтанола более экономически целесообразным.

Исследования показали, что целлюлозолитические микроорганизмы, такие как *Trichoderma reesei* и *Clostridium thermocellum*, обладают высоким потенциалом для переработки лигноцеллюлозной биомассы [53]. Эти микроорганизмы способны производить целлюлазы и гемицеллюлазы, которые эффективно разлагают клеточные стенки растений, содержащие целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин. Одним из последних достижений является разработка мультиферментных комплексов, которые способны действовать на различные компоненты лигноцеллюлозы одновременно, что ускоряет процесс переработки [55]. Важным результатом также является возможность использования генетически модифицированных микроорганизмов для увеличения их ферментативной активности, что было продемонстрировано на примере модификации штаммов бактерий *Clostridium* и *Bacillus* [56].

Одной из главных проблем в переработке лигноцеллюлозной биомассы с помощью микроорганизмов остаётся сложная и прочная структура лигнина, который ограничивает доступ к целлюлозе и гемицеллюлозе. Однако последние исследования показали, что использование комбинаций целлюлозолитических микроорганизмов и предварительных биологических обработок позволяет существенно повысить эффективность процессов [57]. Например, ферментативная активность микроорганизмов возрастает при использовании совместной культивации различных штаммов, таких как *Thermophilic fungi* и *Cellulolytic bacteria* [58]. Достижения в области метаболической инженерии также открывают новые возможности

для разработки высокопродуктивных штаммов, способных перерабатывать лигноцеллюлозную биомассу при минимальных затратах энергии и химических реагентов.

Заключение

Целлюлозолитические микроорганизмы играют ключевую роль в эффективной переработке лигноцеллюлозной биомассы, что является важным направлением для развития устойчивой биоэкономики и решения энергетических и экологических проблем. В последние годы был достигнут значительный прогресс в понимании процессов ферментации, разработки новых методов предобработки и совершенствования энзимных коктейлей для повышения эффективности гидролиза лигноцеллюлозы. Применение различных типов микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и дрожжи, открывает новые возможности для повышения продуктивности биоконверсии, что подтверждается многочисленными исследованиями.

Особое внимание заслуживают современные методы предобработки биомассы с использованием экологически чистых растворителей, таких как глубокие эвтектические смеси, и биологическая обработка с помощью бактериальных и грибковых культур. Эти подходы позволяют улучшить доступность субстрата для ферментативного расщепления, снижая при этом энергетические затраты и негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, перспективным направлением является генетическая модификация микроорганизмов для увеличения их ферментативной активности и устойчивости к неблагоприятным условиям процесса. Такие технологии, как CRISPR/Cas и методы метагеномики, уже показывают впечатляющие результаты в повышении продуктивности ферментов, таких как целлюлозы и гликозидазы, что в перспективе может существенно снизить стоимость производства биотоплива.

Применение целлюлозолитических микроорганизмов открывает широкие возможности не только для производства биотоплива, но и для создания биохимических продуктов с высокой добавленной стоимостью, таких как биопластики, органические кислоты и биополимеры. Таким образом, внедрение современных биотехнологий переработки лигноцеллюлозы способствует развитию циркулярной биоэкономики, что обеспечивает рациональное использование возобновляемых ресурсов и минимизацию отходов. Последние достижения в области использования целлюлозолитических микроорганизмов показывают огромный потенциал для эффективной переработки лигноцеллюлозной биомассы. Современные методы позволяют не только повысить эффективность разложения биомассы, но и значительно снизить затраты на процесс за счет использования биотехнологических подходов. В дальнейшем необходимо сосредоточить усилия на масштабировании данных процессов и интеграции микроорганизмов в промышленные биорафинеры для массового производства биоосновных продуктов. Применение этих технологий способствует достижению экологической устойчивости и уменьшению зависимости от ископаемых источников энергии.

В заключение следует отметить, что дальнейшие исследования в области ферментативной переработки лигноцеллюлозной биомассы и оптимизация биотехнологических процессов откроют новые горизонты для создания устойчивых и экологически безопасных методов производства энергии и ценных химических соединений.

Список литературы

1. Deep eutectic solvents as promising pretreatment agents for sustainable lignocellulosic biorefineries: a review / V. Sharma et al // *Bioresour. Technol.* – 2022. – Vol. 360. – P. 127631. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127631>.
2. Agro-industrial food waste as a low-cost substrate for sustainable production of industrial enzymes: a critical review / V. Sharma et al // *Catalysts*. – 2022. – Vol. 12. – P. 1373. <https://doi.org/10.3390/catal12111373>.
3. Agricultural waste biorefinery development towards circular bioeconomy / M.K. Awasthi et al // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2022. – Vol. 158. – P. 112122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112122>.
4. Rojas L.F. Agro-industrial waste enzymes: perspectives in circular economy / L.F. Rojas, P. Zapata, L. Ruiz-Tirado // *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* – 2022. – Vol. 34. – P. 100585. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100585>.

5. Lignocellulosic biomass valorization for bioethanol production: a circular bioeconomy approach / A. Devi et al // *Bioenergy Res.* – 2022. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10401-9>.
6. Devi M.M. Rice straw: a major renewable lignocellulosic biomass for value-added carbonaceous materials. / M.M. Devi, N. Aggarwal, S. Saravanamurugan // *Curr. Green Chem.* – 2020. – Vol. 7. – P. 290-303. <https://doi.org/10.2174/2213346106666191127120259>.
7. Review on neoteric biorefinery systems from detritus lignocellulosic biomass: a profitable approach / N. Kaur et al // *J. Clean. Prod.* – 2020. – Vol. 256. – P. 120607. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120607>.
8. Saini S. Fungal lignocellulolytic enzymes and lignocellulose: a critical review on their contribution to multiproduct biorefinery and global biofuel research / S. Saini, K.K. Sharma // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2021. – Vol. 193. – P. 2304-2319. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.063>.
9. Role of systematic biology in biorefining of lignocellulosic residues for biofuels and chemicals production / V. Sharma et al // *Sustainable Biotechnology: Enzymatic Resources of Renewable Energy.* – 2018. – P. 5-55. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95480-6_2.
10. Nargotra P. Cellulase production from *Bacillus subtilis* SV1 and its application potential for saccharification of ionic liquid pretreated pine needle biomass under one-pot consolidated bioprocess / P. Nargotra, S. Vaid, B.K. Bajaj // *Fermentation.* – 2016. – Vol. 2. – P. 19. <https://doi.org/10.3390/fermentation2040019>.
11. Chapman J. Industrial applications of enzymes: recent advances, techniques, and outlooks / J. Chapman, A.E. Ismail, C.Z. Dinu // *Catalysts.* – 2018. – Vol. 8. – P. 238. <https://doi.org/10.3390/catal8060238>.
12. The carbohydrate-active enzymes database (CAZy) // V. Lombard et al // *Nucleic Acids Res.* – 2014. – Vol. 42. – P. D490-D495. <https://doi.org/10.1093/nar/gkt1178>.
13. Synergistic cellulose hydrolysis dominated by a multi-modular processive endoglucanase from *Clostridium cellulosi* / M. Yang et al // *Front. Microbiol.* – 2016. – Vol. 7. – P. 932. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00932>.
14. Production of a high-efficiency cellulase complex via β -glucosidase engineering in *Penicillium oxalicum* / G. Yao et al // *Biotechnol. Biofuels.* – 2016. – Vol. 9. – P. 78. <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0491-4>.
15. Genetic modification: a tool for enhancing beta-glucosidase production for biofuel application / R.R. Singhania et al // *Bioresour. Technol.* – 2017. – Vol. 245. – P. 1352-1361. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.126>.
16. Behera S.S. Solid-state fermentation for production of microbial cellulases: recent advances and improvement strategies / S.S. Behera, R.C. Ray // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2016. – Vol. 86. – P. 656-669. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.090>.
17. Designing a cellulolytic enzyme cocktail for the efficient and economical conversion of lignocellulosic biomass to biofuels. *Enzym* / M. Adsul et al // *Microb. Technol.* – 2020. – Vol. 133. – P. 109442. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2019.109442>.
18. Nargotra P. Consolidated bioprocessing of surfactant-assisted ionic liquid-pretreated *Parthenium hysterophorus* biomass for bioethanol production / P. Nargotra, V. Sharma, B.K. Bajaj // *Bioresour. Technol.* – 2019. – Vol. 289. – P. 121611. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121611>.
19. Insights from enzymatic degradation of cellulose and hemicellulose to fermentable sugars: a review / A.A. Houfani et al // *Biomass Bioenergy.* – 2020. – Vol. 134. – P. 105481. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105481>.
20. Enzymatic processing of lignocellulosic biomass: principles, recent advances and perspectives / H. Ostby et al // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* – 2020. – Vol. 47. – P. 623-657. <https://doi.org/10.1007/s10295-020-02301-8>.
21. Iram A. Ideal feedstock and fermentation process improvements for the production of lignocellulolytic enzymes / A. Iram, D. Cekmecelioglu, A. Demirci // *Processes.* – 2021. – Vol. 9. – P. 38. <https://doi.org/10.3390/pr9010038>.
22. Bacterial enzymes involved in lignin degradation / G. De Gonzalo et al // *J. Biotechnol.* – 2016. – Vol. 236. – P. 110-119. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.08.011>.
23. Plácido J. Ligninolytic enzymes: a biotechnological alternative for bioethanol production / J. Plácido, S. Capareda // *Bioresour. Bioprocess.* – 2015. – Vol. 2. – P. 23. <https://doi.org/10.1186/s40643-015-0049-5>.

24. Environment friendly pretreatment approaches for the bioconversion of lignocellulosic biomass into biofuels and value-added products / S. Sharma et al // *Environments*. – 2023. – Vol. 10. – P. 6. <https://doi.org/10.3390/environments10010006>.
25. Cellulolytic and xylanolytic enzymes from yeasts: properties and industrial applications / M. Sohail et al // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27. <https://doi.org/10.3390/molecules27123783>.
26. Bioethanol production from lignocellulosic biomass by environment-friendly pretreatment methods: a review / M. Tayyab et al // *Appl. Ecol. Environ. Res.* – 2017. – Vol. 16. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1601_225249.
27. Optimization of steam explosion parameters for improved biotechnological use of wheat straw / D. Sulzenbacher et al // *Biomass Convers. Biorefinery*. – 2023. – Vol. 13. – P. 1035-1046. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01266-z>.
28. Sperandio G.B. Fungal co-cultures in the lignocellulosic biorefinery context: a review / G.B. Sperandio, E.X. Ferreira Filho // *Int. Biodeterioration Biodegrad.* – 2019. – Vol. 142. – P. 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.05.014>.
29. Enhanced hydrolysis of lignocellulosic biomass with doping of a highly thermostable recombinant laccase / R. Rai et al // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2019. – Vol. 137. – P. 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.221>.
30. Recent advances and challenges of inter-disciplinary biomass valorization by integrating hydrothermal and biological techniques / B. Song et al // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2021. – Vol. 135. – P. 110370. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110370>.
31. Production of ethanol from municipal solid waste of India and Nepal. In: Ghosh S.K. (Ed.) / B. Thapa et al // *Waste Valorisation and Recycling*, Springer Singapore, Singapore. – 2019. – P. 47-58. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2784-1_5.
32. Tsegaye B. Alkali delignification and *Bacillus* sp. BMP01 hydrolysis of rice straw for enhancing biofuel yields / B. Tsegaye, C. Balomajumder, P. Roy // *Bull. Natl. Res. Centre*. – 2019. – Vol. 43. – P. 136. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0175-x>.
- Tsegaye B. Alkali pretreatment of wheat straw followed by microbial hydrolysis for bioethanol production / B. Tsegaye, C. Balomajumder, P. Roy // *Environ. Technol.* – 2019. – Vol. 40. – P. 1203-1211. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1418911>.
34. Bioprospecting of functional cellulases from metagenome for second-generation biofuel production: a review / R. Tiwari et al // *Crit. Rev. Microbiol.* – 2018. – Vol. 44. – P. 244-257. – <https://doi.org/10.1080/1040841X.2017.1337713>.
35. Tushar M. Efficiency analysis of crude versus pure cellulase in industry / M. Tushar, A. Dutta // *Biomass Bioenergy*. – 2020. – P. 283-298. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8637-4_10.
36. Vasić K., Ž, Knez, Leitgeb M. Bioethanol production by enzymatic hydrolysis from different lignocellulosic sources. *Molecules*, 2021, vol. 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26030753>
37. Optimization of alkali pretreatment to enhance rice straw conversion to butanol / A. Valles et al // *Biomass Bioenergy*. – 2021. – Vol. 150. – P. 106131. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106131>.
38. Biodiesel production from lignocellulosic biomass using *Yarrowia lipolytica* / M. Vasaki et al // *Energy Convers. Manage.*: X. – 2022. – Vol. 13. – P. 100167. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100167>.
39. A comprehensive review on the framework to valorise lignocellulosic biomass as biorefinery feedstocks / H.P. Vu et al // *Sci. Total Environ.* – 2020. – Vol. 743. – P. 140630. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140630>.
40. Lignocellulosic biomass as sustainable feedstock and materials for power generation and energy storage / F. Wang et al // *J. Energy Chem.* – 2021. – Vol. 57. – P. 247-280. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.08.060>.
41. Solid-state fermentation parameters effect on cellulase production from empty fruit bunch / V. Wonoputri et al // *Bull. Chem. React. Eng. Catal.* – 2018. – Vol. 13. – P. 553-559. <https://doi.org/10.9767/bcrec.13.3.1964.553-559>.
42. Xiang J. Cellulase production from *Trichoderma reesei* RUT C30 induced by continuous feeding of steam-exploded *Miscanthus lutarioriparius*. / J. Xiang, X. Wang, T. Sang // *Ind. Crops Prod.* – 2021. – Vol. 160. – P. 113129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113129>.
43. Bacteria-enhanced dilute acid pretreatment of lignocellulosic biomass / X. Yan et al // *Bioresour. Technol.* – 2017. – Vol. 245. – P. 419-425. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.037>.

44. Improving the saccharification efficiency of lignocellulosic biomass using a bio-inspired two-stage microreactor system loaded with complex enzymes / A. Xia et al // Green Chem. – 2022. – Vol. 24. – P. 9519-9529. <https://doi.org/10.1039/D2GC02965K>.
45. Changes of chemical composition and hemicelluloses structure in differently aged bamboo (*Neosinocalamus affinis*) culms / P.-P. Yue et al // J. Agric. Food Chem. – 2018. – Vol. 66. – P. 9199-9208. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03516>.
46. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass using a novel, thermotolerant recombinant xylosidase enzyme from *Clostridium clariflavum*: a potential addition for biofuel industry / A. Zafar et al // RSC Adv. – 2022. – Vol. 12. – P. 14917-14931. <https://doi.org/10.1039/D2RA00304J>.
47. Zhang H. An insight to pretreatment, enzyme adsorption and enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass: experimental and modeling studies / H. Zhang, L. Han, H. Dong // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2021. – Vol. 140. – P. 110758. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110758>.
48. Zhang F. Improvement of cellulase production in *Trichoderma reesei* rut-C30 by overexpression of a novel regulatory gene Trvib-1 / F. Zhang, X. Zhao, F. Bai // Bioresour. Technol. – 2018. – Vol. 247. – P. 676-683. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.126>.
49. Integrated process to produce biohydrogen from wheat straw by enzymatic saccharification and dark fermentation / J. Zhu et al // Int. J. Hydrogen Energy. – 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.05.056>.
50. Use of bacteria for improving the lignocellulose biorefinery process: importance of pre-erosion / S. Zhuo et al // Biotechnol. Biofuels. – 2018. – Vol. 11. – P. 146. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1146-4>.
51. Lignocellulosic biomass pre-treatment using low-cost ionic liquid for bioethanol production: an economically viable method for wheat straw fractionation / Z. Ziaei-Rad et al // Biomass Bioenergy. – 2021. – Vol. 151. – P. 106140. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106140>.
52. Bashir N. Enzyme immobilization and its applications in food processing: a review / N. Bashir, M. Sood, J.D. Bandral // Int. J. Chem. Stud. – 2020. – Vol. 8. – P. 254-261. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2d.8779>.
53. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): a versatile and sustainable crop for renewable energy production in Europe / F. Rossini et al // Agronomy. – 2019. – Vol. 9. – P. 528. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090528>.
54. Biotransformation of lignocellulosic biomass to value-added bioproducts: insights into bio-saccharification strategies and potential topics in catalysis / M. Jahangeer et al // Topics in Catalysis. – 2024. <https://doi.org/10.1007/s11244-024-01941-9>.
55. Xylitol: production strategies with emphasis on biotechnological approach, scale up, and market trends / S. Mathur et al // Sustainable Chemistry and Pharmacy. – 2023. – Vol. 35. – P. 101203. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101203>.
56. Utilization of agricultural wastes for co-production of xylitol, ethanol, and phenylacetylcarbinol: a review / J. Feng et al // Bioresource Technology. – 2024. – Vol. 392. – P. 129926. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129926>.
57. Xylitol: bioproduction and applications-a review / D. Umai et al // Frontiers in Sustainability. – 2022. – Vol. 3. – P. 826190. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.826190>.
58. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass: an environment-benign and sustainable approach for conversion of solid waste into value-added products / R.C. Kuhad et al // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2023. – Vol. 54. – № 10. <https://doi.org/10.1080/10643389.2023.2277670>.
59. Получение биогаза отходов сельского хозяйства / Б. Бахтияр и др. // Вестник КАЗАТК. Энергетика. – 2023. – Том 128, № 5. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-128-5-399-409>.

А.У. Исаева, С.С. Каримова*, А.И. Жұмадулаева, Р.Б. Аралбаева, С.Б. Әширбаева

Шымкент Университеті,

160031, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Қаратау ауданы, Жібек жолы көшесі,

№ 6 жер учаскесі

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗА БИОМАССАСЫН ӨНДЕУ ҮШІН ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІ ҚОЛДАНУДАҒЫ ЗАМАНАУИ ЖЕТІСТІКТЕР

Лигноцеллюлоза биомассасы (LCB) биоотын және басқа да жоғары құнды өнімдерді алу үшін маңызды ресурс болып табылады. LCB негізгі компоненттері целлюлоза мен лигнин болып

табылады, олар ыдырауы қиын. Соңғы жылдардағы зерттеулер осы компоненттерді тиімді ыдырату үшін *Bacillus subtilis* бактериялары, *Trichoderma reesei* саңырауқұлақтары және *Penicillium oxalicum* сияқты целлюлозолитикалық микроорганизмдерді қолдануға бағытталған. Мақалада терең эвтектикалық еріткіштерді (DES) қолдануды қоса алғанда, заманауи жетістіктерге шолу жасалады, бұл целлюлозаның қол жетімділігінің жақсарғанын және қанттың 80%-ға дейін көтерілгенін көрсетті. Күріш сабаны сияқты агроөнеркәсіптік қалдықтарды ферменттер өндірісінің субстраты ретінде пайдалану өндіріс құнын төмендетуге көмектеседі және айналмалы биоэкономиканы қолдайды.

Мультиферментті кешендер мен микроорганизмдердің генетикалық түрлендірілген штаммдарының дамуын қоса алғанда, ферментативті өңдеудің тиімділігін арттыру стратегиялары сипатталған. Мысалы, *Clostridium cellulosi*-ден көпфункционалды ферменттерді қолдану қанттың өнімділігін 30%-ға арттыруға мүмкіндік берді. LCB өңдеуде синергетикалық әсерді қамтамасыз ететін саңырауқұлақ дақылдары мен гидротермиялық өңдеу әдістерін біріктіру мүмкіндіктері қарастырылады.

Целлюлазалар, гемицеллюлазалар және лигниназалар сияқты негізгі ферменттерге және олардың өсімдік полимерлерін ыдыратудағы рөліне ерекше назар аударылады. Термостабильді ферменттерді өзірлеуді, экологиялық таза өңдеу әдістерін енгізуді және жаңа технологияларды өнеркәсіптік биорефинерияға біріктіруді қоса алғанда, қосымша зерттеулердің болашағы талқыланады.

Түйін сөздер: целлюлозолитикалық микроорганизмдер, лигноцеллюлоза биомассасы, биоконверсия, микробтық консорциумдар, целлюлозаның деградациясы.

A.U. Issayeva, S.S. Karimova*, A.I. Zhumadulaeva, R.B. Aralbayeva, S.B. Ashirbayeva

Shymkent University,

160031, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Karatau district, Zhibek Zholy street, land plot № 6

*e-mail: saulet_ka@mail.ru

MODERN ACHIEVEMENTS IN THE USE OF CELLULOLYTIC MICROORGANISMS FOR PROCESSING LIGNOCELLULOSE BIOMASS

Lignocellulose biomass (LCB) is an important resource for the production of biofuels and other high-value products. The main components of LCB are cellulose and lignin, which are difficult to decompose. Recent research has focused on the use of cellulolytic microorganisms, such as *Bacillus subtilis* bacteria, *Trichoderma reesei* fungi and *Penicillium oxalicum*, to effectively break down these components. The article provides an overview of modern achievements, including the use of deep eutectic solvents (DES), which showed an improvement in the availability of cellulose and an increase in sugar yield up to 80%. The use of agro-industrial waste, such as rice straw, as a substrate for the production of enzymes, helps to reduce the cost of production and supports circular bioeconomics.

Strategies to increase the efficiency of enzymatic processing are described, including the development of multi-enzyme complexes and genetically modified strains of microorganisms. For example, the use of multifunctional enzymes from *Clostridium cellulosi* allowed to increase the yield of sugars by 30%. The possibilities of integrating mushroom co-cultures and hydrothermal processing methods that provide a synergistic effect in the processing of LCB are considered.

Special attention is paid to key enzymes such as cellulases, hemicellulases and ligninases and their role in the breakdown of plant polymers. Prospects for further research are discussed, including the development of thermostable enzymes, the introduction of environmentally friendly processing methods and the integration of new technologies into industrial biorefineries.

Key words: cellulolytic microorganisms, lignocellulose biomass, bioconversion, microbial consortia, cellulose degradation.

Сведения об авторах

Акмарал Умурбековна Исаева – доктор биологических наук, профессор, директор НИИ Экологии и биологии; Шымкентский Университет, Республика Казахстан; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Саулет Сабитхановна Каримова* – постдокторант, старший научный сотрудник НИИ Экологии и биологии; Шымкентский Университет, Республика Казахстан; e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>.

Алиса Исаевна Жумадулаева – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры естественных наук; Шымкентский Университет, Республика Казахстан; e-mail: alisa195858@mail.ru.

Райхан Бурахановна Аралбаева – магистр, старший преподаватель кафедры естественных наук; Шымкентский Университет, Республика Казахстан; e-mail: raihan-14.88@mail.ru.

Салтанат Бибатровна Аширбаева – магистр, старший преподаватель кафедры естественных наук; Шымкентский Университет Республика Казахстан; e-mail: salta_12.58@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Ақмарал Умурбековна Исаева – биология ғылымдарының докторы, профессор. Экология және биология ҒЗИ директоры; Шымкент университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Саулет Сабитхановна Каримова* – постдокторант, Экология және биология ҒЗИ аға ғылыми қызметкері; Шымкент университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>.

Алиса Исаевна Жұмадулаева – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, жаратылыстану ғылымдары кафедрасының аға оқытушысы; Шымкент университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: alisa195858@mail.ru.

Райхан Бурахановна Аралбаева – жаратылыстану ғылымдары кафедрасының магистрі, аға оқытушысы; Шымкент университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: raihan-14.88@mail.ru.

Салтанат Бибатровна Әширбаева – жаратылыстану ғылымдары кафедрасының магистрі, аға оқытушысы; Шымкент университеті Қазақстан Республикасы; e-mail: salta_12.58@mail.ru.

Information about the authors

Akmaral Umurbekovna Issayeva – Doctor of Biological Sciences, Professor. Director of the Research Institute of Ecology and Biology; Shymkent University, Republic of Kazakhstan; e-mail: akissayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Saulet Sabitkhanovna Karimova* – postdoctoral fellow, Senior Researcher at the Research Institute of Ecology and Biology; Shymkent University, Republic of Kazakhstan; e-mail: saulet_ka@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-1982>.

Alisa Issayevna Zhumadulayeva – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Natural Sciences; Shymkent University, Republic of Kazakhstan; e-mail: alisa195858@mail.ru.

Raykhan Burakhanovna Aralbayeva – Master's degree, Senior Lecturer at the Department of Natural Sciences; Shymkent University, Republic of Kazakhstan; e-mail: raihan-14.88@mail.ru.

Saltanat Bibatrovna Ashirbayeva – Master's degree, Senior Lecturer at the Department of Natural Sciences; Shymkent University, Republic of Kazakhstan; e-mail: salta_12.58@mail.ru.

Поступила в редакцию 07.10.2024

Поступила после доработки 04.12.2024

Принята к публикации 05.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-33](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-33)

FTAXP: 65.09.05



Н. Мұратжанқызы*, Ә.Л. Қасенов², М.Т. Мурсалыкова², Г.А. Кокаева², С.Д. Токаев²

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

ШЫРҒАНАҚ ШИКІЗАТЫНЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада зерттеу жұмысының мақсатына байланысты престоу процесін сипаттауда процестің мазмұнын ашатын – шырғанақ шикізатының сапалық көрсеткіштерін зерттеу нәтижесі сипатталады.

Шырғанақ бірқатар маңызды биологиялық белсенді қосылыстардың құнды көзі болып табылады. Шырғанақты өңдеу өнеркәсібі жайлы сұрақтың қойылуы тағам өнімдерін және дәрілік препараттарды алудағы көзі бұл поливитаминді дақылдардың құнды қасиеттеріне байланысты.

Жабайы шырғанақ шырынын алу процесін зерттеу барысында тәжірибелік шырынсыққыш жабдығы сипатталды. Техникалық нәтижеге жеткізетін, шнекті пресс құрылымына жұмыс аймағында жабдықталған, қысымды өздігінен реттеу механизміне сипаттама берілді. Жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмі арқылы, қол

күшінің қажеттілігін жою отырып, шырын бөлу процесін қарқындатып, жабдықтың жұмыс істеу қабілетін арттыруға қол жеткіземіз.

Тәжірибе жүргізу барысында пайдаланылған шырғанақ шикізатының нақты шырын шығымы, тығыздығын және шектік ығысу кернеуін өлшеуге арналған аспаптарға сипаттама берілді.

Шырынның бөліну жылдамдығы мен престоу уақытына байланысты зерттелген шырғанақ шикізатының сапалық көрсеткіштері анықталып, алынған мәндері графикалық қатынастары серіппенің параметрлерік мәндері арқылы тұрғызылды және сипаттама берілді.

Шырғанақ шикізатының сапалық көрсеткіштерін зерттеу нәтижесінде алынған мәліметтер тамақ өнеркәсібіне арналған шырынсыққыштың оңтайлы параметрлерін анықтауда ескерілді.

Түйін сөздер: шырғанақ, серіппе, қысым реттеу механизмі, пресс жабдығы, сапалық көрсеткіштер.

Кіріспе

Қазіргі уақытта дұрыс тамақтану үшін функционалды тағамдарды әзірлеуге көп көңіл бөлінеді. Функционалды тағамның негізгі міндеті-адам ағзасына оң физикалық әсер ету және сол арқылы оның денсаулығын нығайту. Халықтың дұрыс тамақтануы проблемаларын шешуші басым бағыттардың бірі жергілікті жабайы және мәдени шикізатты пайдалану болып табылады. Өсімдік тектес табиғи қосылыстар организмнің детоксикациясының ферменттік жүйелеріне өте белсенді әсер етеді, организмнің ішкі ортасын қалыпқа келтіруге және оның бейімделу механизмдерінің тиімділігін арттыруға ықпал ететін эндо-және экзогендік сипаттағы көптеген токсиканттарды бейтараптандыруға және денеден шығаруға ықпал етеді [1,2]. Жергілікті жерде қолжетімді биологиялық құнды шикізаттың осындай түрлерінің бірі – шырғанақ.

Шырғанақ (*Hipporhae rhamnoides*) – химиялық құрамына байланысты жидек дақылдарының қатарында ерекше орын алады. Суда еритін және майда еритін биологиялық белсенді заттардың болуы дайын өнімнің технологиялық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді. Бағалы өнімдердің екі негізгі көзі - жидектер, етті тіндерінен алынатын шырыны және әр жидектен бір сүйек түріндегі тұқымдар. Шырыннан құрамында суспензия мөлшері жоғары және С дәрумені мен каротин мөлшері өте жоғары қоректік сусын жасайды [3, 4].

Шырғанақты өңдеу өнеркәсібі жайлы сұрақтың қойылуы тағам өнімдерін және дәрілік препараттарды алудағы көзі бұл поливитаминді дақылдардың құнды қасиеттеріне байланысты.

Басқа өсімдік майлы дақылдарына қарағанда шырғанақты өңдеудің техникалық және технологиялық ерекшелігін зерттеу жұмыстары аз. Ғылыми еңбектердің барлығы дерлік шырғанақ жемісінің тағымдық құндылығы жағынан маңыздылығына тоқталып, дақылды өсіру мен өңдеуге дайындау жолдарын қарастырған [5-7].

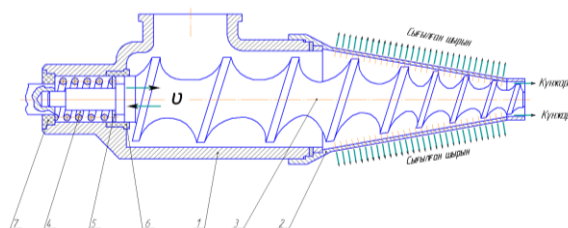
Шырын сыққыш пресс тиімді жұмыс істеуі үшін ұтымды технико-экономикалық жетістіктерге жеткізетін сапалық көрсеткіштерге қол жеткізуіміз қажет. Престоу процесін қарқындату – ол процесс кезіндегі шырынның бөліну жылдамдығы мен престоу уақытына байланысты, яғни процестің кинетикалық жағдайымен сипатталады. Демек, бұл престоуші шнектің айналыс жылдамдығының өзгерісі. Сондықтан, тәжірибелік зерттеуде графикалық қатынастарды осы серіппенің құрылмалық, кинетикалық және анықталатын параметрлері қатынастары арқылы тұрғызуымыз қажет.

Зерттеу объектілері мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде Қазақстан Республикасының Шығыс Қазақстан облысында Зайсанда, Сауыр-Тарбағатайда және Маңырақ етегінде шағын көлдердің бойында, ірі орманды жерлерде жүздеген гектарға созылып өсетін жабайы шырғанақ өнімі қолданылды [8]. Жүктелген өнімнің салмағы 3 кг, ал ондағы шырын мөлшері 80% құраса, қалған мөлшері сүйек және езінді қоспалардан тұрады.

Жабайы шырғанақ шырынын алу процесін зерттеу барысында шырынсыққыш «Мотор Сич СБЧ-1» (Украина) маркалы шнекті прессінің жұмысшы органы 2 – суретке сәйкес

жетілдірілді және пресс жабдығының конструкциясына кіргізілген техникалық шешім жаңалығы Қазақстан Республикасының № 9032 пайдалы модельге патенті арқылы бекітілді [9].



1 сурет – Тәжірибелік пресс жабдығының қимакөрінісі:

u – конусты престоуші шнектің ілгерлемелі – кейінді қозғалыс жылдамдығы, 1 – тұрқы, 2 – саптама, 3 – шнек, 4 – серіппе, 5 – гайка, 6, 7 – сырғанау ұштірегі.

Өсімдік шикізатынан шырын сығуға арналған тәжірибелік шнекті пресс мынандай негізгі бөлшектермен жабдықталған: тұрқы, сығылған шырынды шығаруға арналған торлы саптама, тұрқының ішінде орналасқан конусты престоуші шнек, серіппе, гайка, сырғанау ұштіректері, электроқозғалтқыш. Сонымен қатар қысымды өздігінен реттейтін механизммен жабдықталған. Престоуші шнек пен торлы саптама тұрыққа оңай алынып салынады. Бұндай мүмкіндік жабдықтың санитарлық тазалығын сақтауға үлкен мүмкіндік тудырады.

Техникалық нәтижеге шнекті пресс құрылымына жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмімен жабдықтау арқылы іске асырылады. Жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмі арқылы, қол күшінің қажеттілігін жою отырып, шырын бөлу процесін қарқынды, жабдықтың жұмыс істеу қабілетін арттыруға қол жеткіземіз [10].

Шырын бөлуге арналған жабдықтағы жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмі конусты престоуші шнек пен сығылған шырынды шығаруға арналған торлы саптама арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз етеді және бұл процесс серппе көмегімен конусты шнектің ілгерлемелі – кейінді қозғалыс жасауы арқылы іске асырылады.

Жетілдірілген жабдықтың құрылымына жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмімен жабдықтау нәтижесінде, конусты шнек пен конус тәрізді саптаманың арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз етіп, қол күшінің қажеттілігін жою арқылы, шырын бөлу процесін қарқынды, жабдықтың жұмыс істеу қабілетін арттыруға қол жеткіземіз.

Шырын шығымы шикізаттың шырын бөлуімен сипатталады, яғни сығымдау кезінде бөлінетін сұйық фазаның мөлшері. Зерттелетін нысанның шырын шығымын $C = (A - B)/A \times 100\%$ – формуласымен анықталады. Мұндағы C – шырын шығымы (%), A – престоуге дейінгі өнім массасы, B – престоуден кейінгі сығындының массасы.

Шырғанақ сығымдысының тығыздығын анықтау бойынша эксперимент гидростатикалық таразыда жүргізілді. Тығыздықты анықтауға байланысты эксперименттік зерттеулер А.А. Берестовойдың техника ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін диссертацияда сипатталған әдістеме бойынша жүргізілді (Ресей, Воронеж, 2018) [11].

Үлгілерді таңдау үш ілмектің әрқайсысына 5 г өнім салынады. Үлгілерді өлшеу аналитикалық таразыларда жүргізілді және ілмектерді тат баспайтын болаттан жасалған, қалыңдығы 0,6...0,8 мм болатын торлы себеттерге орналастырамыз, бұл кезде тат баспайтын болаттан жасалған қақпағын жабамыз. Сынақ жүргізу алдында торлы себеттің салмағын өлшеп аламыз. Одан кейін сының температурасы $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ болатын термостаттық ыдыста орналасқан, этил спиртімен толтырылған өлшеу стақанын саламыз. Шикізатпен торлы себеттен ауа көпіршіктерін шығару үшін стақандағы эфирді шайқап, араластырамыз. Аспаптық таразылардың көрсеткіштері таразының иінағашына ілінген салмақтар арқылы онатылды.

Талданатын шикізаттың ШЫК анықтау СТ 2 Структурометрінде аспабында атқарылады. Нәтижелерді тестілеу және талдау автоматты түрде компьютерде, СТ 2 структурометр басқаратын арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету көмегімен жүргізіледі. Эксперимент бастар алдында аспаптың жұмыс режимі тағайындалады. Аспапты, бейімділік құралдарын таңдау және үлгіні дайындау әдістемелік нұсқауға сәйкес жүргізіледі. Сығымдының ШЫК талдауға арналған аспап ретінде конус ұшының бұрышы 45° болатын «Конус» инденторы алынды [12].

Одан әрі зерттелетін үлгіні шпательмен цилиндрлі сиымдылыққа (банкаға) тығыздап салдық. Өнім салынған сиымдылықты аспаптың өсімен дәл келетіндей етіп үстелге орналастырдық. Одан кейін өлшеуді оңтайлы жүргізу үшін арнайы бағдарламалық қамтамасыз етудің «↑» и «↓» бағыттағыштарының көмегімен үстелді ең қолайлы күйде орнатамыз. «Бастау» батырмасын басқаннан кейін, автоматты түрде «Конустың» қозғалысы басталады, яғни сыналатын үлгіге инденторды батыру жүреді. Бағдарлама арқылы автоматты түрде аспап көрсеткіштері есептеледі. Индентор батырылған және қайта орнына қайтып келгеннен кейін «Тоқта» тетігін басып өлшеуді аяқтаймыз. Одан кейін эксперимент нәтижелері кесте және график түрінде сақталып қалады.

Шырын сыққыш пресс тиімді жұмыс істеуі үшін ұтымды технико-экономикалық жетістіктерге жеткізетін сапалық және сандық көрсеткіштерге қол жеткізуіміз қажет. Мұндай нәтижелерге қол жеткізу үшін үйлесімді престоу уақытын анықтап алудың маңызы жоғары. Престоу процесін қарқындату – ол процесс кезіндегі шырынның бөліну жылдамдығы мен престоу уақытына байланысты, яғни процестің кинетикалық жағдайымен сипатталады. Демек, бұл престоуші шнектің айналыс жылдамдығының өзгерісі. Сондықтан, тәжірибелік зерттеуде графикалық қатынастарды осы серіппенің құрылмалық, кинетикалық және анықталатын параметрлері қатынастары арқылы тұрғызамыз.

Ғылыми нәтижелер және оларды талқылау

Тәжірибелік зерттеулер С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің КЕАҚ «Ауыл шаруашылық өнімдерін өңдеу» ғылыми-экспериментальдық платформасының «Өсімдік майы эксперименттік-өндірістік цехында» және «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеттің» КЕАҚ, инженерлі-технологиялық факультетінің «Тамақ өнімдерінің технологиясы мен техникасын жетілдіру» зертханасында жүргізілді.

Престоу процесіне ылғалдың елеулі әсері болатындықтан шырғанақ өнімінің ылғалдың өзгерісіне тоқталсақ. Зерттеу барысында шырғанақ шикізатынан шырынның бөлінуі жақсы жүретіні байқалды. Мұндай құбылысқа ылғалдың адсорбциялық қасиетінің жоғары болуы бірден-бір себеп бола алады. Өйткені, аз мөлшердегі шырғанақ шикізатының ылғалдылығы тепе-теңдік жағдайда, яғни механикалық жолмен шырғанақ шикізатын 100% ылғалсыздандыру мүмкін емес, тек қана ылғал шикізат бойында бір жерден екінші жерге ығысатындығы анықталды. Шырғанақ шикізатындағы ылғал мөлшерінің өзгерісі соншалықты емес, сондықтан белгілі бір графикалық қатынастармен көрсету мүмкін болмады.

Шырғанақ шикізатын престоуде шырынның қысымды реттеу серіппесінің құрылмасы мен олардың айналыс жылдамдығына тәуелділігін зерттеу. Ғылыми зерттеу жұмысының басты мақсаты шырын бөлу процесін қарқындату мен жабдықтың жұмыс істеу қабілетін арттыру мақсатында, жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттейтін механизмін жетілдіру арқылы үйлесімді факторларды анықтау. Осыған сәйкес шырын бөлу процесін қарқындату үшін престоуші шнек құрылғыларының айналыс жылдамдықтарын қажетті деңгейге жеткізе отырып шырынның еркін бөлінуіне қажетті оптималды қысым тудыру қажет.

Престоу бөлмешігінде қажетті қысымды тудыру тікелей қысымды реттеу механизмі – серіппеге қатысты. Өртүрлі диафрагмалық саңылауларға қатысты процесті зерттеу барысында шырғанақ өнімінің шырындылық көрсеткішінің ең төменгі мөлшері $\delta=6 \cdot 10^{-3}$ м тең диафрагмалық саңылауда анықталды. Диафрагмалық саңылауды бұдан әрі кішірейту кезінде бөлінген шырын мен қатар сығындының басқа да бөліктері зеерлі цилиндрде арласып бірге шығып және зеерлі цилиндрдің бітелуіне әкеліп соқтырады. Алдағы зерттеулерімізді осы үйлесімді параметр негізінде жүргіземіз.

2 суретке сәйкес престоуші шнектің айналыс жылдамдығы белгілі бір деңгейге жеткенде шырғанақ шырынының шығымы тоқтайтынын байқауға болады. Мұндай құбылысты айналыс жылдамдығы жоғарылағанда шырғанақтан шырынның толық бөлініп үлгермеуі әсерінен престоу процесінің нашарлауымен байланыстырамыз.

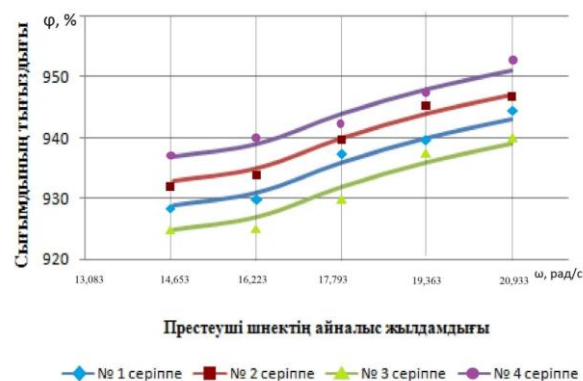
Шнекті пресс құрылғыларының айналыс жылдамдықтары арасындағы шырын шығымының пайыздық мөлшері $\omega=14,653$ рад/с айналыс жылдамдығында ең төмен көрсеткіште анықталды. Дегенмен, бұл нүктеде айналыс жылдамдығының төмендігі және шырғанақ шырынын дайындаудың технологиялық стандартының тиімді көрсеткішіне сәйкес келмейтіндіктен үйлесімді параметр ретінде танылмайды. Сондықтан, $\omega=19,363$ рад/с айналыс жылдамдығын үйлесімді параметр ретінде аламыз.



2 сурет – Шырғанақ шикізатын престеуде шырын шығымының қысымды реттеу серіппесінің құрылмасы мен айналыс жылдамдығына тәуелді өзгерісі

Сығылу дәрежесі құрғақ материалдарды престеуде сығымдының массасы, өнімнің тығыздығы және серпімділік модулі қатынастары арқылы сипатталады. Біздің зерттеу жұмысымызда шырғанақ шикізатынан сұйық фаза бөлініп алынатындықтан сығылу дәрежесін анықтау күрделене түседі. Шырғанақ шикізатынан сұйық фазаны бөліп алуда шикізат көлемі, массасы және фазалық құрамы өзгеріске ұшырайды. Демек, шырғанақ шикізаты сығымының тығыздығының өзгерісі оның ылғалдылығына тікелей байланысты деген шешімге келеміз.

Сығымдының тығыздығы пен серпімділік модулі бір-біріне кері шама болып табылады. 3 – суретке сәйкес тәжірибе барысында сығымдының тығыздығы төмендесе, ал серпімділік модулінің артатыны байқалды. Себебі, мұндай құбылысты престеуден кейін өнімге ешқандай қысымдық кернеудің әсер етпеуінен оның көлемінің өсуімен байланыстырамыз. Осыған байланысты сығымдыда кеуек қуыстарының пайда болуы сусымалы тығыздықтың төмендеуіне, сәйкесінше серпімділік модулінің артуына өз әсерін тигізеді.

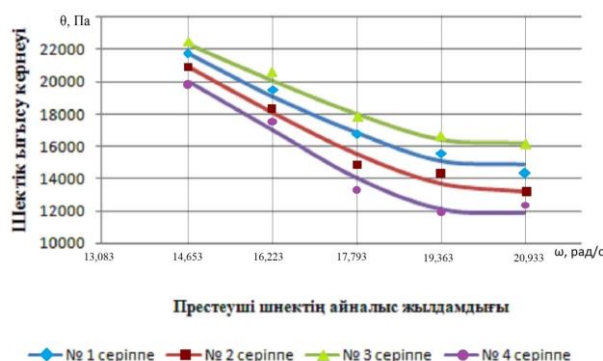


3 сурет – Шырғанақ шикізатын престеуде сығымды тығыздығының қысымды реттеу серіппесінің құрылмасы мен айналыс жылдамдығына тәуелді өзгерісі

Престеу процесі кезіндегі сығымдының шектік ығысу кернеуінің өзгерісі көптеген зерттеу жұмыстарында қарастырылмаған. Өнімнің ығысу қасиеттерін қарастыратын ғылыми жұмыстар жеткіліксіз. Шектік ығысу кернеуін сипаттау шырғанақ шикізатының құрылымдық-механикалық қасиеттерін зерттеуде маңызды. Шырғанақ сығымдысы күрделі коллоидты-дисперсті жүйе болып табылады.

Сонымен қатар, престеу процесі кезінде стационарлы емес масса алмасу процесі жүреді. Осының бәрі шырғанақ сығымдысының шектік ығысу кернеуін анықтауды біршама қиындатады. Шырын сығымының құрамындағы сүйек структурометрде бұрышы 60° конусты индентормен анықтауда қолайсыздықтар туғызды. Сондықтан шектік ығысу кернеуін анықтауда бұрышы 45° болатын конусты индентор қолданылды. Алынған үлгіні белгілі бір температурада анықтау мақсатында үлгі арнайы су қаптамасы бар ыдысқа салынды.

4 суретке сәйкес шырғанақ сығымдысының шектік ығысу кернеуінің ең жоғарғы деңгейі $\omega = 14,653$ рад/с айналыс жылдамдығында анықталды. Бұл өзгерісті осы нүктеде шырғанақ сығымдысының шырын шығымы мөлшерінің төмен болуымен байланыстырамыз.



4 сурет – Шырғанақ шикізатын престоуде сығымдының шектік ығысу кернеуінің қысымды реттеу серіппесінің құрылмасы мен айналыс жылдамдығына тәуелді өзгерісі

Шектік ығысу кернеуіне шырғанақ шикізатының шырын шығымы әсер етеді. Шектік ығысу кернеуі қысымда да, ылғалдылықта да бірдей жылдамдықтың өсуіне байланысты шектік ығысу кернеуінің кемитіндігі анықталды.

Қорытынды

Шырғанақ (*Hipporhaë rhamnoides* L.) – әмбебап қасиеттері, көптеген экономикалық артықшылықтары және бай тарихы бар өсімдік, ол әлі күнге дейін табиғи медицинада қолданылады, сондықтан көптеген адамдар оны диетаға байланысты аурулардың алдын алу және емдеу үшін күнделікті рационға қосады. Оның бірегейлігі химиялық құрамы мен денсаулыққа пайдалы қасиеттеріне байланысты.

Престеу әдісі – өнеркәсіптік шырын өндірісінде дайындалған жеміс шикізатынан шырын алудың ең кең тараған әдісі. Сондай-ақ, бұл өндіріс технологиясының маңызды кезеңдерінің бірі, өйткені ол шырынның сапалық көрсеткіштеріне, сондай-ақ оны сақтауға тікелей әсер етеді.

Тәжірибелік пресс құрылымына жұмыс аймағында қысымды өздігінен реттеу механизмі арқылы, қол күшінің қажеттілігін жойылады, шырынның шығымы артады, энергия шығыны азаяды және шырынның сапасы жақсарады. Престеу процесінің жылдамдық пен диафрагма саңылауына тәуелділігі зерттеліп, престеу процесінің оңтайлы жобалық параметрлері анықталады. Сонымен қатар сығып алынған шырынның негізгі компоненттерінің құрамына талдау жүргізіліп, сапалық құрамына баға берілді.

Осылайша, тәжірибе жүргізу нәтижесінде шырғанақ шикізатының нақты шырын шығымы, тығыздығы анықталды және қысымын өлшеуге арналған аспаптарды қолдану кезіндегі ең жоғары көрсеткіштері алынды. Шнекті прессті жетілдіру нәтижесінде біз оңтайлы параметрлері бар шағын сыйымдылыққа арналған пресстерді жобалау мүмкіндігін алдық.

Әдебиеттер тізімі

1. Tahseen F.M. Functional Food / F.M. Tahseen // A Review. EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH. – 2016. – Vol. IV.
2. Functional foods and their impact on health / M.M. Essa et al // Journal of Food Science and Technology. – 2023 – Vol. 60. – P 820-834.
3. Sea buckthorn products: manufacture and composition / T. Beveridge et al // Food Chem. – 1999. – № 47(9). – P. 3480-8.
4. Mineral Composition of Sea Buckthorn / Zh. Tokhtarov et al // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – № 7(4). – P. 1373-1377.
5. Triterpenoids from *Hippophae rhamnoides* L. and their nitric oxide production-inhibitory and DPPH radical-scavenging activities / Z.G. Yang et al // Chem Pharm Bull (Tokyo). – 2007. – № 55(1). – P. 15-8.
6. Терещук Л.В. Новая технология комплексной переработки плодов облепихи / Л.В. Терещук // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 8. – С. 46-48.

7. Золоторева, А.М. Перспективы совершенствования производства продуктов питания на основе биологически активных веществ облепихи. / А.М. Золоторева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 4. – С. 55-57.
8. Вдовина Т.А. Внутривидовое разнообразие дикорастущей облепихи крушиновой (*Hippophae rhamnoides* L.) в Восточно-Казахстанской области и перспективы ее интродукции: дис. ...канд. биол. наук: 03.00.05 / Вдовина Татьяна Афанасьевна. – Алматы. – 2010.
9. Патент № 9032 Республика Казахстан, МПК A23N 1/00. Пресс шнековый для отжима сока из облепихи / заявитель и патентообладатель Мұратжанқызы Н., Какимов М.М.; заявл. 02.02.2024; опубл. 19.04.2024, Бюл. № 16. <http://gosreestr.kazpatent.kz/>
10. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn / N. Muratzhankyzy et al // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2021. – Vol.16. – P. 113-119.
11. Берестовой А.А. Совершенствование процесса получения сафлорового масла на одношнековом прессе с использованием ультразвука: дис. канд. тех. наук: 05.18.12 / Берестовой Алексей Андреевич; Воронеж. гос. ун-т инжен. технологий. – Воронеж, 2018.
12. Использование структурометра для измерения реологических характеристик пластично-вязких пищевых продуктов / А.К. Какимов и др. // Вестник Семипалатинского государственного университета имени Шакарима. – 2005. – № 1. – С. 25-30.

References

1. Tahseen F.M. Functional Food / F.M. Tahseen // A Review. EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH. – 2016. – Vol. IV. (In English).
2. Functional foods and their impact on health / M.M. Essa et al // Journal of Food Science and Technology. – 2023 – Vol. 60. – P 820-834. (In English).
3. Sea buckthorn products: manufacture and composition / T. Beveridge et al // Food Chem. – 1999. – № 47(9). – R. 3480-8. (In English).
4. Mineral Composition of Sea Buckthorn / Zh. Tokhtarov et al // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2016. – № 7(4). – R. 1373-1377. (In English).
5. Triterpenoids from *Hippophae rhamnoides* L. and their nitric oxide production-inhibitory and DPPH radical-scavenging activities / Z.G. Yang et al // Chem Pharm Bull (Tokyo). – 2007. – № 55(1). – R. 15-8. (In English).
6. Tereshchuk L.V. Novaya tekhnologiya kompleksnoi pererabotki plodov oblepikhi / L.V. Tereshchuk // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. – 1999. – № 8. – S. 46-48. (In Russian).
7. Zolotoreva, A.M. Perspektivy sovershenstvovaniya proizvodstva produktov pitaniya na osnove biologicheskii aktivnykh veshchestv oblepikhi. / A.M. Zolotoreva // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2003. – № 4. – S. 55-57. (In Russian).
8. Vdovina T.A. Vnutrividovoe raznoobrazie dikorastushchei oblepikhi krushinovoi (*Hippophae rhamnoides* L.) v Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti i perspektivy ee introduktsii: dis. kand. biol. nauk: 03.00.05 / Vdovina Tat'yana Afanas'evna. – Almaty. – 2010. (In Russian).
9. Patent № 9032 Respublika Kazakhstan, MPK A23N 1/00. Press shnekovi dlya otzhima soka iz oblepikhi / zayavitel' i patentoobladatel' Mұratzhankyzy N., Kakimov M.M.; zayavl. 02.02.2024; opubl. 19.04.2024, Byul. № 16. <http://gosreestr.kazpatent.kz/>. (In Russian).
10. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn / N. Muratzhankyzy et al // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2021. – Vol.16. – R. 113-119. (In English).
11. Berestovoi A.A. Sovershenstvovanie protsessa polucheniya saflorovogo masla na odnoshnekovom presse s ispol'zovaniem ul'trazvuka: dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Berestovoi Aleksei Andreevich; Voronezh. gos. un-t inzh. tekhnologii. – Voronezh, 2018. (In Russian).
12. Ispol'zovanie struktururometra dlya izmereniya reologicheskikh kharakteristik plastichno-vyazkikh pishchevykh produktov / A.K. Kakimov i dr. // Vestnik Semipalatinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima. – 2005. – № 1. – S. 25-30. (In Russian).

Н. Муратжанкызы*, А.Л. Касенов², М.Т. Мурсалыкова², Г.А. Кокаева², С.Д. Токаев²

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,

010011, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Победы, 62

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЛЕПИХОВОГО СЫРЬЯ

В данной статье описывается результат исследования качественных показателей облепихового сырья, раскрывающий содержание процесса прессования в зависимости от цели исследовательской работы.

Облепиха является ценным источником ряда важных биологически активных соединений. Постановка вопроса об отрасли переработки облепихи обусловлена ценными свойствами поливитаминных культур.

В ходе исследования процесса получения сока облепихи дикой было описано экспериментальное соковыжималочное оборудование. Дана характеристика механизма саморегулирования давления, оснащенного в рабочей зоне шнековой прессовой конструкцией, обеспечивающей технический результат. Через механизм саморегуляции давления в рабочей зоне, устраняя необходимость в ручной силе, мы достигаем увеличения работоспособности оборудования, интенсифицируя процесс соковыделения.

Дана характеристика приборов для измерения фактического выхода сока, плотности и предельного напряжения сдвига облепихового сырья, использованных в ходе проведения эксперимента.

В зависимости от скорости выделения сока и времени прессования были определены качественные показатели изученного облепихового сырья, выведены графические соотношения полученных значений и дана характеристика.

Полученные в результате исследования качественных показателей облепихового сырья данные учитывались при определении оптимальных параметров соковыжималки для пищевой промышленности.

Ключевые слова: облепиха, пружина, механизм регулирования давления, прессовое оборудование, качественные показатели.

N. Muratzhankyzy*, A. Kassenov², M. Mursalykova², G. Kokayeva², S. Tokayev²

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62

*e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com

STUDY OF QUALITATIVE PARAMETERS OF SEA BUCKTHORN RAW MATERIAL

This paper describes the result of the study of qualitative indicators of sea buckthorn raw material, revealing the content of the pressing process depending on the purpose of the research work.

Sea buckthorn is a valuable source of a number of important biologically active compounds. Raising the question of sea buckthorn processing industry is due to the valuable properties of multivitamin crops.

In the course of research of the process of obtaining wild sea buckthorn juice, experimental juicing equipment was described. The pressure self-regulation mechanism equipped with a screw press design in the working area, which provides the technical result, is characterized. Through the self-regulating pressure mechanism in the working zone, eliminating the need for manual force, we achieve an increase in the operability of the equipment, intensifying the juicing process.

The characterization of the instruments for measuring the actual juice yield, density and ultimate shear stress of sea buckthorn raw material used during the experiment is given.

Depending on the speed of juice extraction and pressing time, qualitative indicators of the studied sea buckthorn raw material were determined, graphical relations of the obtained values were deduced and characterized.

The data obtained as a result of the study of qualitative indicators of sea buckthorn raw material were taken into account in determining the optimal parameters of the juicer for the food industry.

Key words: sea buckthorn, spring, pressure regulation mechanism, pressing equipment, qualitative indicators.

Авторлар туралы мәліметтер

Назерке Мұратжанқызы* – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» білім беру бағдарламасының ізденушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Әміржан Леонидович Қасенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессор м.а.; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Майгуль Тауржановна Мурсалыкова – «Тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: maigul_85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5904-9544>.

Гульнара Айткеновна Кокаева – «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: GAKokaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9571-5081>.

Серик Дуйсенғалиевич Токаев – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Сведения об авторах

Назерке Муратжанқызы* – соискатель образовательной программы «Технологические машины и оборудование»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, и.о. профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Майгуль Тауржановна Мурсалыкова – старший преподаватель кафедры «Технология продовольственных, пищевых и перерабатывающих производств» PhD, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: maigul_85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5904-9544>.

Гульнара Айткеновна Кокаева – ассоциированный профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: GAKokaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9571-5081>.

Серик Дуйсенғалиевич Токаев – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Information about the authors

Nazerke Muratzhankyzy* – Co-applicant of the educational program «Technological Machines and Equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nazerkemuratzhankyzy1990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-9962>.

Amirzhan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of food and processing industries»; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Maigul Mursalykova – PhD, senior lecturer Department of «Food Technology and Processing Products», Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan, e-mail: maigul_85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5904-9544>.

Gulnara Kokayeva – Associate Professor of the Department of «Technological Machines and Equipment», Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: GAKokaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9571-5081>.

Serik Tokaev – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the department «Technology of food and processing industries», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: s.tokaev@kazatu.edu.kz.

Редакцияға енуі 06.12.2024

Өңдеуден кейін түсуі 08.12.2024

Жариялауға қабылданды 10.12.2024



F.G. Sagymbek*, A.D Serikbaeva², T.B. Abdigaliyeva¹

¹Almaty Technological University,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole bi str., 100

²Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty, Abaya Ave., 8

*e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com

BIOSAFETY ASSESSMENT OF LACTOBACILLUS PARACASEI – 010K STRAIN

Annotation: *The article evaluates the biosafety of microorganisms based on the study of the pathogenicity and nature of side effects of a new probiotic strain Lactobacillus paracasei – 010K isolated from koumiss. The paper presents data on the determination of potentially pathogenic signs in vitro, virulence, allergenic and irritant sensitizing effects and the study of toxicological effects. According to the existing classification of strains (Maximum permissible concentrations (MPC) of producing microorganisms, bacterial preparations and their components in the air of the working area Hygienic standards GN 2.2.6.709-98), the new strain of Bifidobacterium crudilactis 7-1C belongs to the 4th hazard class. It can be used to develop biological products in order to increase the vegetation of fish, prevent and treat the aura of fish, improve the microflora of the gastrointestinal tract of the stomach.*

Key words: *virulence, biosafety, sensitization, toxicity, allergenic risk, pathogenicity.*

Introduction

The use of modern biological knowledge, the development of Biotechnology opens up wide opportunities for solving the problems of the agricultural sector, veterinary medicine, food industry, healthcare, pharmacology, and Environmental Protection. Thanks to scientific achievements in the field of microbiology and the introduction of new developments in genetic engineering, it became possible to obtain high-tech strains of highly productive microorganisms [1-7].

In recent years, the biotechnology of probiotics, drugs used for the correction and prevention of microecological disorders in the gastrointestinal tract of humans and animals, has been intensively developing [8]. The effectiveness of probiotic drugs is determined by the combination of biological properties of the strains that make up the drug. Production bacteria must have a set of characteristics that allow them to compete with pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms. These include: antagonistic activity, the ability to adhere and colonize the intestinal mucosa, acid formation activity, a certain level of resistance to hydrochloric acid and bile [9-11].

Another stage of introduction into the production of drugs based on cultures of microorganisms or their derivatives is the assessment of their biosafety – the study of pathogenicity, virulence, allergenicity [12-14]. Because of the growing nomenclature of strains used in biotechnology, the issue of the safety of microorganisms utilized in this business is relevant. The idea of biosafety aims to prevent biological agents-including microbes used in biotechnology-from becoming a threat.

The introduction of the requirements to create a contemporary regulatory framework for industrial strain certification and standardization, guarantee control over their use in production, and create a conceptually agreed-upon implementation mechanism with global experience in this area, the introduction of biosafety levels for industrial strains has become a more widespread issue.

The problem of the safety of microorganisms used in the biotechnology industry is relevant as a result of the expansion of the range of strains used. In a broad sense, biosafety includes the prevention of the potential danger of a biological agent, including microorganisms used in biotechnology [15].

A system of classifying microorganisms by Hazard Level has been developed by the National Institute of Health (USA), the European Federation of Biotechnology, and the Organization of Economic Cooperation & Development. This system is based on the taxonomic status of strains and

their potential pathogenic properties. This classification separates microorganisms employed in biotechnology into four classes: low-risk, medium-risk, high-risk, and harmless.

Based on the study of the nature of pathogenicity and adverse effects of probiotic strains, an assessment of the safety of the microorganism was carried out. 1 (Lactobacillus paracasei - 010K) strain, which showed activity in terms of probiotic properties, was identified as irritating in vitro in terms of potential-pathogenic symptoms, virulence, allergenic and sensitive effects. The aim of the work is to study the biosafety of the promising strain Lactobacillus paracasei - 010K, to study the harmful properties of the strain, the degree of toxicity (risk class) and sensitizing activity in model experiments.

Research methods

A sample of koumiss was obtained on a farm in the Almaty region (Kazakhstan) from healthy horse meat by hand milking in sterile screw bottles and stored in cool boxes before being sent to a microbiological laboratory.

Wilkins-Chalgren agar (Oxoid, UK) with the addition of soy peptone (5 g/l, Oxoid), L-cysteine-HCl (0.5 g/l, Sigma-Aldrich), Twin 80 (1 ml/l, Sigma-Aldrich) was used to isolate lactic acid bacteria. The selective agents mupirocin (100 mg/l, Oxoid) and glacial acetic acid (1 ml/l; Sigma-Aldrich) were part of the medium. A freshly harvested sample of koumiss was serially diluted in an anaerobic Wilkins-Chalgren broth (Oxoid, UK) containing soy peptone, L-cysteine-HCl and Twin-80, and then incubated in a selective Wilkins-Chalgren agar under anaerobic conditions (CO₂ / H₂: 90). / 10) in anaerobic vessels (Oxoid) for 72 hours at 37°C. Bacterial colonies were collected and transferred to test tubes containing anaerobic Wilkins-Chalgren broth. The isolates were cultured for 24 hours at 37°C.

Genomic DNA was separated from daily bacterial cultures using the PureLink Genomic DNA Kit DNA isolation kit in accordance with the manufacturer's protocol (Invitrogen, Carlsbad, USA). The DNA concentration in the samples was determined using the qubit® 2.0 fluorimeter qubit™ dsDNA HS Assay Kit (Life Technologies, Oregon, USA) kit.

With a single intravenous administration of large doses of microorganisms, the study of the potential pathogenic properties of a new biological strain was conducted in accordance with integral indicators characterizing the relationship between the macro and the microorganism: virulence, blood penetration rate ("threshold" dose) and distribution to internal organs (kidneys, liver, spleen), toxicity of EXO and endotoxins [1]. Using integral indicators that describe the relationship between macro and microorganisms with a single intravenous administration of large doses of microorganisms, such as virulence, blood penetration rate ("threshold" dose) and distribution to internal organs (kidneys, liver, spleen), EXO, and endotoxin toxicity, the study of potential pathogenic properties of new biotechnological strains was conducted [16].

Biosafety assessment of the Lactobacillus paracasei – 010K strain was studied in laboratory animals: nonlinear white mice, guinea pigs and rabbits.

The support of creatures was in agreement with the sterile rules for the development, gear and upkeep of exploratory and natural clinics (vivariums), the bolstering of creatures was carried out with common and briquetted bolster in understanding with the standards. The creatures experienced isolate and acclimatization in vivarium conditions for 14 days. Exploratory bunches of creatures were shaped by the strategy of irregular determination, taking into consideration body weight as a deciding marker. When conducting experiments, the general condition of animals, feed and water consumption were monitored daily; once a week, body weight was determined. Monitoring the condition of laboratory animals was carried out every morning. Decide the number of patients and the timing of ailment or passing of creatures, clinical signs (changes in behavior, appearance, nourishment and water utilization, responses to outside boosts, respiratory rate, color of the ears and appendages, the nearness of mirror withdrawals and tremors of the appendages, the improvement of drugs and comatose conditions, etc.).

Determination of the pathogenicity of strains was carried out in the laboratory of «scientific and production center of Microbiology and virology» LLP.

In vitro study of potential pathogenic traits of strains: in vitro tests using a dense nutrient medium supplemented with blood (blood agar) and egg yolk (yellow Agar) revealed that the strains lacked hemolytic and lecithinase activity.

Research results

Studying the virulence of the strain (L D 50): Testing for acute toxicity of the *Lactobacillus paracasei* - 010K strain was carried out using the generally accepted method [Birger M.O., 1982] on 8 groups of animals (5 white mice each, 3 females and 2 males, weighing 16-18 g) at concentrations from 10^3 to 10^{11} CFU/cm³ (Table 1). The use of concentrations from 10^3 to 10^{11} CFU/ml did not lead to any noticeable physiological or behavioral changes.

Table 1 – results of the study of acute toxicity of the strain

№	Number of animals in practice	Input method	CFU/ ML amount	Sick animals	Animal yield	The surviving animals
1	5	Abdominal cavity	10^3	0	0	5
2	5	Abdominal cavity	10^5	0	0	5
3	5	Abdominal cavity	10^7	0	0	5
4	5	Abdominal cavity	10^9	0	0	5
Control	5	Abdominal cavity	Saline solution	0	0	5
5	5	Through the mouth	10^5	0	0	5
6	5	Through the mouth	10^7	0	0	5
7	5	Through the mouth	10^9	0	0	5
8	5	Through the mouth	10^{11}	0	0	5
Control	5	Through the mouth	Saline solution	0	0	5

The results of the experiment showed that neither intrauterine nor oral (by mouth) administration of the studied doses of the strain led to the death of the experimental participants. They were all healthy and active.

Morphological changes in internal organs: autopsy results of animals: in live form, they are dark red, with a smooth surface. The “drawings” of the brain and shells are clearly visible. The structure is light, simple in place, the surfaces are smooth, easy to separate from each other, and the materials to collect are invisible.

Ability to disseminate internal organs: Dissemination of internal organs takes place only during the first 24 hours after the introduction of culture.

Local irritant effect: When the studied growth was injected into the conjunctiva of the rabbit eye at a dose of $1 \cdot 10^9$ CFU/cm³, a weak positive reaction was observed in the form of an injection of scleral and corneal vessels and mucosal secretions in the corner of the eye. On the second day of observation, the above phenomenon completely disappeared in all animals, and no deviation from the physiological standard was observed for the next 5 days. Thus, the weak damage caused by the strains in this study has a local irritant effect. *Allergic effect by sensitization:* moderate allergen doses were established using guinea pigs, and 10^3 , 10^5 , 10^7 were introduced per animal dose of CFU/ ML. Saline was used as control. Responses were recorded after 24 hours and within 5 days. Results were scored on the following scale:

- 0 – no visible reaction;
- 1 – pale pink erythema in the entire region or on its edge;
- 2 – bright pink erythema in the entire region or on its edge;
- 3 – whole erythema;
- 4 – infiltration and swelling of the skin in the presence or absence of erythema (thickening of the skin fold);
- 5 – erythema, pronounced infiltration, focal ulcers (necrosis), hemorrhages, crusts may appear.

In our experience – 0 points, no reaction. Thus, it was recognized that the studied strain practically does not have an allergic effect.

Allergic effect on sensitizing effect: The establishment of an average allergenic dose was carried out on guinea pigs, which were injected with the studied culture at doses of $10^3, 10^4, 10^5, 10^6$ CFU/per animal. The control was a saline solution. The reaction was recorded after 10 days according to the diameter of the erythema. The average allergenic dose of the studied culture was $9.5 \cdot 10^5$ CFU per animal. Thus, this strain has practically no allergenic effect.

According to the classification of the strain (Maximum Permissible Concentration (MPC)GN2.2.6.709-98 Sanitary Standards for Microbial Producers, Bacterial Preparations and their Components in the Air in Work Areas), this active strain was classified as Hazard Class 4. To determine the toxicological indicators of the *Lactobacillus paracasei* – 010K strain, we studied the effect on the mass indicators of ten white mice. The results of the study obtained are presented in Table 2. According to the results of the research work, the toxicity of all used concentrations of the *Lactobacillus paracasei* – 010K strain was not established. At the end of the study, the mice were all alive and no physiological abnormalities were observed in their bodies. During the experiment, the difference in live weight of mice was on average 0.2 g.

Table 2 – Effect of *Lactobacillus paracasei* – 010K strain on weight indicators in mice

Groups	Average live weight, G		Absolute growth, G	Relative growth, %
	Primary	Last		
Control	22,2±0,6	28,3±0,8	6,1±0,2	0,43±0,01
1 Experimental group	22,1±0,7	28,4±0,7	6,3±0,1	0,45±0,01
2 Experimental group	22,3±0,6	29,2±0,5*	6,9±0,2*	0,49±0,01*
3 Experimental group	22,1±0,6	29,4±0,4*	7,3±0,2*	0,52±0,01*

Note: * – $P \geq 0,05$.

According to the results, in the control group, the average live weight of animals increased from 22,2±0,6 g to 28,3±0,8 g, the absolute increase was 6.1±0.2 g. In 1 experimental group, the average live weight reached 28,4±0,7 g from 22,1±0,7 g, and the absolute increase was 6,3±0,1 g. In 2 experimental groups, the initial mean live weight was 22,3±0,6 g, the final indicator increased to 29,2±0,5 g, the absolute increase was 6,9±0,2 g, which is statistically significant ($p \geq 0,05$). In the 3 experimental groups, the average live weight increased from 22,1±0,6 g to 29,4±0,4 g, and the absolute increase was 7.3±0.2 g, which is also statistically significant ($P \geq 0,05$). The diagram of the indicators of relative growth of laboratory animals is shown in Figure 1.

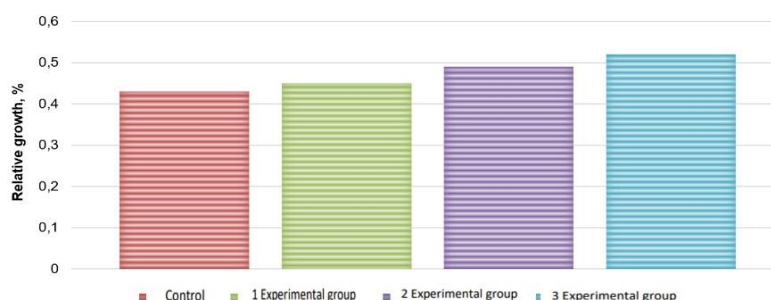


Figure 1 – relative growth indicators of mice, %

The relative growth indicators shown in the figure were 0,43±0,01% in the control group, 0,45±0,01% in 1 experimental group, 0,49±0,01% in 2 experimental groups and 0,52±0,01% in 3 experimental groups. The increase in experimental groups is higher than in the control group, which indicates the effectiveness of experimental conditions. Similar results were obtained in the studies of N.A. Tabakov. In his work, when feeding laboratory mice with a feed additive with the addition of mineral elements, the weight of the experimental groups of mice increased significantly compared to the control group, and the feed additive did not have a negative effect on the physiological state of the mice [17].

Discussion

The problem of microbial safety in the biotechnology industry is relevant due to the expansion of the range of strains used. Biosafety includes the prevention of the potential danger of a biological agent, including microorganisms used in biotechnology. At the present stage of development and improvement of biosafety criteria for biotechnological strains, it is clearly shown that a mandatory and necessary condition for the admission of producer strains to industrial use is their avirulence, low invasiveness, the absence of toxigenic properties and the ability to disseminate in internal organs and the ability to disseminate in the strain qualifies as non-pathogenic, it can be used in the biotechnology industry. Strains of all types of microorganisms proposed for the production of probiotics should be non-virulent, non-toxic, safe for humans, including, if necessary, immunological safety.

Conclusion

The objective of this study was to evaluate the safety of oral administration of *Lactobacillus paracasei* – 010K. Ingestion of this bacteria did not produce significant toxic effects in both male and female mice. The animals appeared healthy and behaved normally throughout the study period. An indicator of the overall health of the animals in the toxicity study was the change in body weight. A significant loss of body weight in the animals could be due to some adverse effect, such as anorexia, diarrhea, or dehydration. Thus, one of the reasons why the bacterium was not toxic to mice was the normal change in body weight of the experimental animals during the study period.

References

1. Egorova T.A. Osnovy biotechnology / T.A. Egorova, S.M. Klunova. – M: Akademiya, 2006. – 208 s. (In Russian).
2. Sazykin Yu.O. Biologiya / Yu.O. Sazykin, S.N. Orekhov, I.I. Chakaleva. – M.: Akademiya, 2006. – 254 s. (In Russian).
3. Smirnov V.V. Sporoobrazuyushchie aerobnye bakterii produtsenty biologicheskii aktivnykh veshchestv / V.V. Smirnov, S.R. Reznik, I.A. Vasilevskaya. – Kiev: Naukova dumka. – 1982. – 280 s. (In Russian).
4. Shlegel G.G. Obshchaya mikrobiologiya / G.G. Shlegel. – M.: Mir. – 1987. – 567 s. (In Russian).
5. Beri D. Biologiya drozhzhey / D. Beri. – M.: Mir. – 1985. – 95 s. (In Russian).
6. Dudikova G.N. Biotekhnologicheskie osnovy ispolzovaniya laktobatsill dlya zashchity zernovykh produktov ot bakterialnoy kontaminatsii: Diss. dokt. biol. Nauk. – Almaty. – 2002. – 320 s. (In Russian).
7. Katalog kultur mikroorganizmov. – Astana. – 2003. – 186 s. (In Russian).
8. Lipatov N.N. Molochnia promyshlennost XXI veka / N.N. Lipatov. – M.: AgrosNITEIMMP, 1989. – 25 s. (In Russian).
9. Shenderov B.A. Meditsinskaya mikrobnaya ekologiya i funktsionalnoe pitanie. Mikroflora cheloveka iivotnykh i ee funktsii / B.A. Shenderov. – M.: Grant, – 1998. – T.1. – 280 s. (In Russian).
10. Mikhailova T.L. Biopreparaty i pievye dobavki v korrektsii disbakterioza / T.L. Mikhailova, T.I. Kalinskaya, V.G. Rymiantsev // Ros. zhurn. gastroenterol, gepatol, koloproktol. – 1999. – T.9, № 3. – S. 67-70. (In Russian).
11. Bondarenko V.M., Matsylevich T.V. Disbakterioz kishechnika kak kliniko- laboratornyi sindrom: sovremennoe sostoianie problemy / V.M. Bondarenko, T.V. Matsylevich. – M.: Geotar-Media. – 2007. – S. 304-305. (In Russian).
12. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii / Pod red. N.S. Egorova – M.: Moskovskiy universitet, 1995. – 220 s. (In Russian).
13. Labinskaya A.S. Mikrobiologiya s tekhnikoy mikrobiologicheskikh issledovaniy / A.S. Labinskaya. – M.: Meditsina, 1978. – 392 s. (In Russian).
14. Handbook of microbiological and virological research methods / Edited by M.O. Birger– M.: Medicine, 1982. – 462 s. (In English).
15. Sheina N.I. Criteria for assessing the biosafety of microorganisms used in the biotechnology industry / N.I. Sheina // OGU Bulletin. – 2012. – № 142.6. – P. 165-170. (In English).
16. Pivovarov Yu.P. Kriterii otsenki patogennykh svoystv shtammov – produtsentov, predlagaemykh dlya ispolzovaniya v promyshlennosti mikrobiologicheskogo sinteza / Yu.P. Pivovarov, L.I. Myalina, V.V. Korolik // Metodicheskie rekomendatsii. – 1992. – 20 s. (In Russian).
17. Tabakov N.A. Istochniki netraditsionnykh kormovykh dobavok i ikh poleznye svoystva / N.A. Tabakov, T.Y. Savchenko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 5(158). – S. 125-129. (In Russian).

Ф.Ф. Сағымбек^{1*}, А.Д. Серикбаева², Т.Б. Абдигалиева¹

¹Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, Республика Казахстан, Алматы, пр-т Абая, 8

*e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com

ОЦЕНКА БИОБЕЗОПАСНОСТИ ШТАММА *LACTOBACILLUS PARACASEI* 010K

В статье дана оценка биобезопасности микроорганизмов на основе изучения патогенности и характера побочных эффектов нового пробиотического штамма *Lactobacillus paracasei* – 010K, выделенного из кумыса. В статье представлены данные по определению потенциально патогенных признаков *in vitro*, вирулентности, аллергенному и раздражающему сенсibiliзирующему воздействию, а также изучению токсикологических эффектов. Согласно существующей классификации штаммов (Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны по гигиеническим нормативам ГН 2.2.6.709-98), новый штамм *Bifidobacterium crudilactis* 7-1C относится к 4-му классу опасности. Он может быть использован для разработки биопрепаратов с целью увеличения вегетативной активности рыбы, профилактики и лечения ауры рыбы, улучшения микрофлоры желудочно-кишечного тракта желудка.

Ключевые слова: вирулентность, биобезопасность, сенсibilизация, токсичность, аллергенный риск, патогенность.

Ф.Ф. Сағымбек^{1*}, А.Д. Серикбаева², Т.Б. Абдигалиева¹

¹Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы, Абай даңғылы, 8

*e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com

ЛАКТОВАЦИЛЛУС ПАРАКАСЕИ – 010К ШТАМЫНЫҢ БИОҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада қымыздан оқшауланған *Lactobacillus paracasei* – 010K жаңа пробиотикалық штаммының патогенділігі мен жанама әсерлерінің сипатын зерттеу негізінде микроорганизмдердің биоқауіпсіздігіне баға берілген. Мақалада ықтимал патогендік белгілерді *in vitro*, вируленттілікті, аллергенді және тітіркендіргіш сенсibilизациялық әсерді анықтау, сондай-ақ токсикологиялық әсерлерді зерттеу туралы мәліметтер келтірілген. Штаммдардың қолданыстағы жіктемесіне сәйкес (ГН 2.2.6.709-98 гигиеналық нормативтері бойынша жұмыс аймағының ауасындағы микроорганизмдер-өндірушілердің, бактериялық препараттардың және олардың компоненттерінің шекті рұқсат етілген концентрациясы (ШРК), *Bifidobacterium crudilactis* 7-1C жаңа штаммы қауіптіліктің 4-ші класына жатады. Оны балықтың вегетативті белсенділігін арттыру, балық аурасының алдын алу және емдеу, асқазан-ішек жолдарының микрофлорасын жақсарту мақсатында биологиялық препараттарды әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: сүт қышқылды бактериялар, вируленттілік, биоқауіпсіздік, уыттылық, аллергендік қауіп, патогенділік.

Information about the authors

Fatima Sagymbek* – doctoral student of the Department «Food Biotechnology»; Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-8527>.

Asiya Serikbaeva – doctor of Biological Sciences, Professor of the Department «Zooengineering and biotechnology»; Professor, Kazakh national agrarian research university, Almaty, Kazakhstan; e-mail: assiya.serikbaeva@kaznau.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4632-7343>.

Abdigaliyeva Tolkyn – PhD, associate professor of the Department «Food Biotechnology»; Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Сведения об авторах

Фатима Ғабитқызы Сағымбек* – докторант кафедры «Пищевая биотехнология»; Алматинский технологический университет; Алматы, Казахстан; e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-8527>.

Асия Демеуханова Серикбаева – доктор биологических наук, профессор кафедры «Зооинженерия и биотехнология»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет; Алматы, Казахстан; e-mail: assiya.serikbaeva@kaznau.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4632-7343>.

Толкын Бакытовна Абдигалиева – PhD, и.о. ассоциированный профессор кафедры «Пищевая биотехнология»; Алматинский технологический университет; Алматы, Казахстан; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Авторлар туралы мәліметтер

Фатима Ғабитқызы Сағымбек* – «Тағамдық биотехнология» кафедрасының докторанты; Алматы технологиялық университеті; Алматы, Қазақстан; e-mail: sagymbek.fatima@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-8527>.

Асия Демеуханова Серикбаева – биология ғылымдарының докторы, «Зооинженерия және биотехнология» кафедрасының профессоры; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; Алматы, Қазақстан; e-mail: assiya.serikbaeva@kaznau.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4632-7343>.

Толкын Бакытовна Абдигалиева – «Тағамдық биотехнология» кафедрасының PhD, м.а. қауымдастырылған профессоры; Алматы технологиялық университеті; Алматы, Қазақстан; e-mail: tolkyn_07.08@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-8852>.

Received 11.10.2024

Revised 27.11.2024

Accepted 09.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-35](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-35)



FTAXP: 65.65.33

М.М. Какимов, С.Д. Токаев, М.Т. Мурсалыкова, Б.М. Искаков*, Ә.М. Мусина

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

*e-mail: baissemey@bk.ru

АСТЫҚ ӨНДЕУ ЖӘНЕ МАЙ ДАҚЫЛДАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ЕКІНШІЛІК ШИКІЗАТТАРЫН ПАЙДАЛАНЫП МАҚСАРЫ МАЙЫН ТАЗАРТУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Аңдатпа: Мақалада астық өңдеу және май дақылдарын қайта өңдеудің екіншілік шикізаттарын пайдаланып мақсары майын тазарту тиімділігін арттыру мақсаттын іске асыру үшін орындалған міндеттер негізінде әдеби көздерге сараптамалық сыни шолу жүргізіп, мақсары майын тиімді тазарту технологиясының нысанын мен мақсаты айқындалды. Екіншілік шикізаттарын сүзу материалдары ретінде қолдану жолдары талданып, оңтайлы сүзу материалы ретінде зығыр талшығы ұсынылады. Қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалын өндірістік тұрғыда жабдықта қолдану үшін көп факторлы эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзу материалдарымен тазарту кезінде мақсары майының шығымының шамасы сорғы қысымына байланысты өскендігін көрдік. Сорғы қысымының $180 \cdot 10^{-3}$ Па әсерінде майдың шығымы төмендеп, сүзу материалдарының өткізу қабілетінің төмендегенімен байланыстыра аламыз және сүзу жылдамдығының артуына байланысты мақсары майының шығымының да артқанын көре аламыз. Зығыр талшығы арқылы мақсары майын рамалы сүзгіде 0,1 л/с жылдамдықта сүзу нәтижесінде мақсары майының шығымы 93%-ға дейін артты. Мақсары майының май қышқылды, бейорганикалық құрамы мен дәрумендер мөлшерін зерттеу нәтижесінде, құрамындағы қаныққан май қышқылдарының мөлшері төмендеп, моно және полиқанықпаған қышқылдардың (олеин, беген, цис-10-гептадецен мен цис-линол қышқылдары) мөлшері артқанын көреміз, сонымен қатар бейорганикалық құрамы барлық нормаларға сай, ал Е дәрумендерінің мөлшерінің жоғарлағанын байқаймыз.

Зерттеу жұмысында өсімдік майына тазартуға арналған ФПР (фильтр пресс рамный) маркалы рамалы қатарлы сүзгі-престі пайдаланылады. Нәтижесінде қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалдарын рамалы қатарлы сүзгі-

престе пайдалана отырып, мақсары майын тиімді тазартудың параметрлік тәуелділіктері негізделді және өндірісте қолданудың ұтымды шешімін тапты.

Түйін сөздер: *бидай кебегі, қарабидай кебегі, сұлы кебегі, зығыр талшығы, рамалы қатарлы сүзгі-пресс, өсімдік майы, мақсары майы, сүзу, екіншілік шикізат.*

Кіріспе

Азық-түлік және өнеркәсіп салалары үшін өсімдік майларының маңызы зор табылады, сонымен қатар, аграрлық сектордың дамуында шешуші рөл атқарады. Себебі аграрлық сектордың қазіргі жағдайы мен даму тенденциялары майлы дақылдардың егіс алқаптарының жылдан жылға өсуі мен өнімділігін артуымен дәлелденеді [1, 2].

Қазіргі таңда, Қазақстан Республикасы әлемде майлы дақылдарды экспорттау мен импорттаудан алдыңғы қатарлы елдердің бірі болып табылады. Мысалы үшін, әлемдегі 63% өндірістің көлемі Қазақстан, Ресей мен Мексиканың еншісінде. 2022 жылы экспорт 6,5% өскен және әлемдегі 86% экспортты Қазақстан мен Ресей қамтамасыз етуде. 2023 жылдың бірінші жарты жылдығында өсімдік майларын экспортқа шығару көлемі 50%-ға артып, 388,1 мың тоннаға жеткен. Негізгі өсімдік майын өндіруші өңірлеріге Шығыс Қазақстан (181 мың тонна), Абай облыстары (61,7 мың тонна) мен Шымкент (41,5 мың тонна) қаласы болып табылады [3].

Климаттың өзгеруіне байланысты майлы дақылдарды өсіру бойынша тенденциялар өзгеріп, жерді талғамайтын және құрғақшылыққа төзімді майлы дақылдарға деген сұраныс өсуде. 2021 жылы «Аграрлық несиелік» компанияның мәлімдеуінше, мақсары дақылымен айналысатын 60-тан астам фермер жалпы сомасы 760,4 млн. теңгемен қаржыландырылған. Сол себепті Қазақстанда мақсарыны өсіру мен экспорттау жұмыстарын қарқындыластырып, 2022 жылы Қазақстан, Ресей мен Нидерланды елдерімен бірге әлемдік экспорттың 79% құрады. Алайда, Қазақстан мақсарыны экспортқа шикізат түрінде қалай шығарса, шамамен дәл сол көлемде импорт (өнім түрінде) түрінде қайта сатып алады [4].

Мақсарыны шикізат ретінде өсіруден басқа, оны өнім ретінде экспортқа шығару мен ішкі нарықтағы бәсекелестікті арттыру мақсатында мақсары майын өндіру жұмыстарына назар аудару қажет. Ал сапалы өнім алу үшін, мақсары майын өндіру технологиясын, оның ішінде тазарту жұмыстарын жетілдіру қажет. Престеуден кейінгі мақсары майын механикалық қоспалардан таразту негізгі және маңызды процестердің бірі болып табылады. Себебі престен кейінгі мақсары майының құрамындағы ілеспе заттар мен қоспалар майдың сапасын және органолептикалық қасиеттерін төмендетіп, сақтау мерзімін қысқартады. Престеуден кейін мақсары майы көп компонентті полидисперсті сұйық жүйеге айналады және құрамында глицеролдар мен ілеспе заттардан басқа ақуыздық және ақуыз емес механикалық қоспалар да болады. Бұл қоспалар майдың бұзылу процесінің қарқынды жүруіне ықпал етеді. Сондықтан ондай ілеспе заттар мен қоспаларды майдан бөліп алу өте маңызды [5-8].

Осы мәселені шешу үшін ұсынылатын ғылыми жұмыстың жаңашылдығы ол, сүзгі материалы ретінде астық өңдеу немесе май дақылдарын қайта өңдеудің екіншілік шикізатын қолдану тәсілі алғаш рет ұсынылмақ және өндірістік жабдықта қолдану жолдарының шешімдерін ұсынамыз.

Ғылыми-зерттеу жұмысының мақсаты – астық өңдеу және май дақылдарын қайта өңдеудің екіншілік шикізатын сүзгі материалы ретінде қолданып, жергілікті ресурстарды ұтымды пайдалану арқылы мақсары майын тазарту тиімділігін арттыру.

Ғылыми жаңалығы. Алғаш рет астық өңдеу мен майлы дақылдарды қайта өңдеудің екіншілік шикізаттарын сүзгі материалдары ретінде қолдана отырып, зығыр талшықтарын сүзу материалы ретінде пайдаланудың оңтайлы нәтижелері ұсынылды. Қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалдары рамалы сүзгі-пресс жабдығында пайдаланылып, мақсары майын тиімді тазартудың параметрлік тәуелділіктері негізделді және өндірісте қолданудың ұтымды шешімін табылды.

Зерттеу әдіснамасы

Ғылыми-зерттеу жұмысы С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Ауыл шаруашылық өнімдерін өңдеу» ғылыми-экспериментальдық платформасына қарасты «Майлы дақылдарды қайта өңдеуге арналған тәжірибелік-өндірістік цехында» орындалды.

Зерттеу жұмыстарында келесідей мемлекеттік және мемлекет аралық стандарттар қолданылды: ҚР МС 1428-2005, МемСТ 18848-2019, МемСТ 5472-50, МемСТ 32307-2013, МемСТ 31663-2012.

Мақсары майының қышқылдылды құрамын анықтау үшін Agilent Technologies 7890a GC газдық хроматографы (Agilent Technologies, АҚШ), майда еритін витаминдердің құрамын анықтауға Agilent Technologies Dionex ultimate 3000 маркалы (Agilent Technologies, АҚШ) ультракүлгінді жоғары тиімді сұйық хроматографы қолданылды.

Көпфакторлы математикалық өңдеу жұмыстары MiniTab 18 және SigmaPlot 12.0 статистикалық бағдарламалық жасақтамалардың көмегімен жүргізілді.

Зерттеу нәтижелерін талдау

Зерттеу жұмыстары барысында біз бірнеше екіншілік өнімдерді зерттеу нысандары ретінде таңдап, аталмыш екіншілік өнімдер арқылы мақсары майын тазарту жұмыстарын жүргіздік. Тазарту яғни, сүзу материалы ретінде екіншілік өнімдердің келесі түрлерін пайдаландық, олар 1-ші суретте көрсетілген бидай, қарабидай, сұлы кебектері мен зығыр талшықтары.



Бидай кебегі



Қарабидай кебегі



Сұлы кебегі



Зығыр талшығы

Сурет 1 – Астық өңдеу және май дақылдарын қайта өңдеудің екіншілік шикізаттары

1-ші кестеде астық пен майлы дақылдардың қайта өңдеудің екіншілік өнімдерінің химиялық құрамы ұсынылған. Екіншілік өнімдері адам ағзасына пайдалы макро- және микроэлементтерге, дәрумендер мен минералдарға бай болып келеді.

Кесте 1 – Астық пен майлы дақылдардың қайта өңдеудің екіншілік өнімдерінің химиялық құрамы

Астық өңдеу және майлы дақылдарын қайта өңдеудің екіншілік шикізаттары	Ақуыз, г	Майлар, г	Көмірсулар, г	Тағамдық талшықтар, г	B1, %	B6, %	E, %	Fe, %	Zn, %
Бидай	14,7	4,1	23,5	43,6	50	65	69	78	61
Қарабидай	15,5	3,8	17	43,6	36	21	10	56	36
Сұлы	17,3	7	50,8	15,4	78	8,3	6,7	30	26
Зығыр талшықтары	16	4,3	64,5	43,6	50	9	69	78	59

Алғашқы зерттеу жұмыстары зертханалық жағдайда жүргізілді. 2-ші суретте көрсетілгендей воронкаларда 100 г мақсары майын әртүрлі екіншілік шикізаттары арқылы сүзуді.



Кебектер



Зығыр талшығы

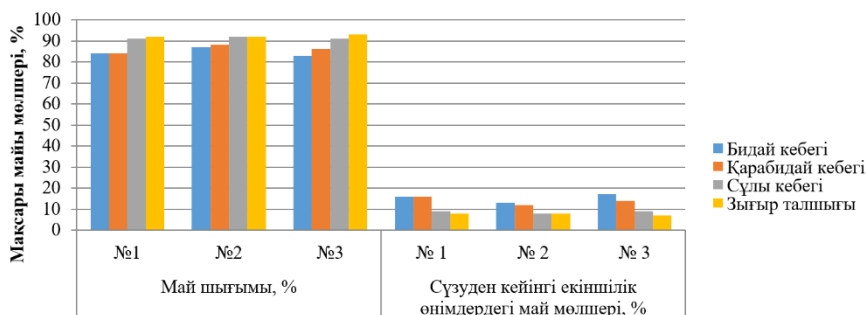


Сүзу нәтижелері

Сурет 2 – Зертханалық жағдайда жүргізілген эксперименттер

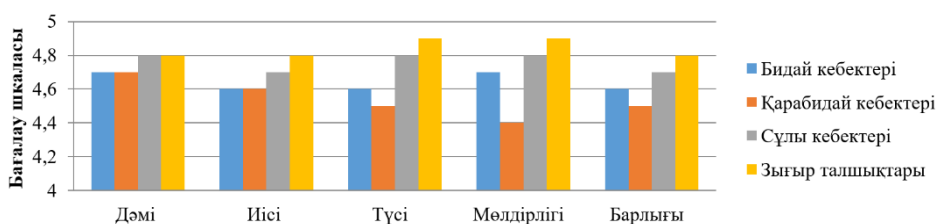
Зертханалық жағдайда жүргізілген эксперименттік жұмыстары үш қайтара жасалды. Сүзілген мақсары майының шығымы мен кебектерде қалған майдың мөлшері 3-ші суретте көрсетілген. Зерттеу нәтижелерін талдайтын болсақ, 4 түрлі сүзу материалдары арқылы

мақсары майын сүзу нәтижесінде майдың шығымы жоғары сұлы мен зығыр талшықтарында болғанын көреміз, ал ең төмен майдың шығымы бидай мен қарабидай кебектерінде болған. Алынған мәліметтердің нәтижесінде өңделмеген және престелмеген зығырдың екіншілік өнімдері арқылы сүзілгеннен кейін мақсары майының шығымы 92% құрайды және сәйкесінше шығындар 21% құрайды. Майдың ең көп шығымы зығыр талшығы (93%) арқылы сүзілгеннен кейін қол жеткізілді, сонымен қатар осы сүзгіден кейін тұнбаның мөлшері ең аз болғанын көруімізге болады.



Сурет 3 – Екіншілік шикізаттар арқылы сүзілген мақсары майының шығымы

Органолептикалық қасиеттерін талдау нәтижесінде сүзілген мақсары майына иісі, дәмі, түсі және мөлдірлігі арқылы 5 баллдық бағалау шкаласы арқылы сипаттама берілді. 4-ші суретке назар аударатын болсақ, сүзуден кейінгі мақсары майларының органолептикалық қасиеттері мен майдың шығымын зерттеу нәтижесінде сүзу материалы ретінде зығыр талшықтарын қолдану тиімді екенін көруімізге болады.



Сурет 4 – Сүзуден кейінгі мақсары майының органолептикалық көрсеткіштері

Қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалын өндірістік тұрғыда жабдықта қолдану үшін тәжірибелік-өндірістік цехта орналасқан ФПР маркалы рамалы қатарлы сүзгі-престі пайдаланылды. ФПР маркалы рамалы қатарлы сүзгі-пресс (5 суретте), престен кейін бастапқы майды сүзу сатыларында, жасуша тінінің бөлшектерінен тұратын ұсақ суспензияларды механикалық қоспалардан сүзіп тазартуға арналған.



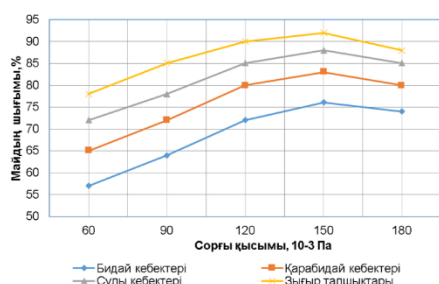
Сурет 5 – Өсімдік майына арналған рамалы сүзгі-пресс

Екіншілік шикізатынан тұратын сүзу материалы ретінде екіншілік өнімдер бидай, қарабидай, сұлы кебектері рамалы қатарлы сүзгі-пресс жабдығына ыңғайлы қолдану үшін арнайы мата қалташаларына салынып пайдаланылды.

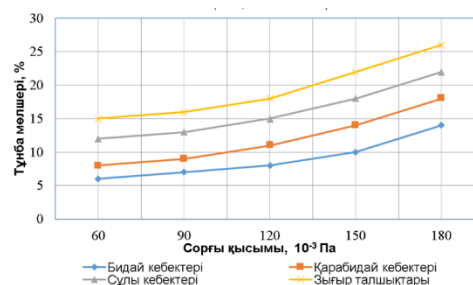
Қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалдары арқылы мақсары майын тиімді тазартудың параметрлік тәуелділіктері көп факторлы эксперименттермен зерттелді. Алынған нәтижелер төмендегі графикалық тәуелділіктерге сәйкес сипатталды.

6-шы суретте қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзу материалдарымен сүзу кезінде мақсары майының шығымының шамасы сорғы қысымына байланысты өскендігін көруімізге болады. Алайда, $180 \cdot 10^{-3}$ Па сорғы қысымының әсерінде қайта төмендегенін көруімізге болады. Бұл құбылысты $180 \cdot 10^{-3}$ Па тең сорғы қысымының әсерінде қайта өңдеудің екіншілік шикізатынан тұратын сүзу материалдарының өткізу қабілет төмендегенімен байланыстыра аламыз.

7-ші суретке сәйкес сорғы қысымының артуына байланысты сүзу материалдарында тұтылған тұнба мөлшерінің жоғарлағанын көруімізге болады. Бұл құбылысты сорғы қысымының артуынан сүзілу процесінің қарқынды жүре бастаумен байланыстыра аламыз. Бірақта сүзу материалдардағы тұнба мөлшерінің шамадан тыс артуы, материалдардағы кеуекті сүзу саңылауларының жабылуы салдарынан сүзу процесінің төмендеуіне алып келеді.

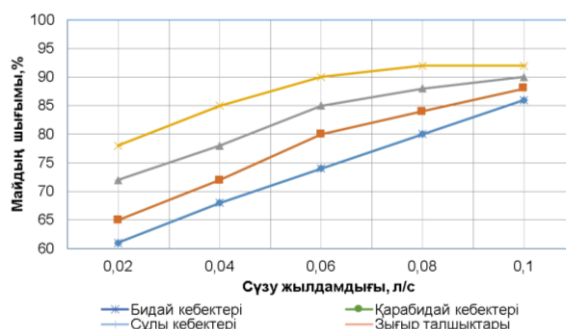


Сурет 6 – Сүзу материалдарының мақсары майының шығымы мен сорғы қысымына әсері



Сурет 7 – Сүзу материалдарында тұтылған тұнба мөлшерінің сорғы қысымына тәуелді өзгерісі

8-ші суреттен сүзілетін майдың көлемінде, таза сүзілген майдың шығым қанша пайыздық мөлшерде тазаланғанын анық көруімізге болады. Сүзу жылдамдығы ол, сүзу матасының қима ауданы мен уақытқа тәуелді сүзілетін майдың көлемін береді. Сүзу жылдамдығының артуына байланысты мақсары майының шығымының да артатындығын көре аламыз. Көрсетілген 10 суреттен зығыр талшығы арқылы мақсары майын сүзуде 0,1 л/с. сүзу жылдамдығы кезінде мақсары майының шығымы 93 пайызға дейін артатынын көруімізге болады.

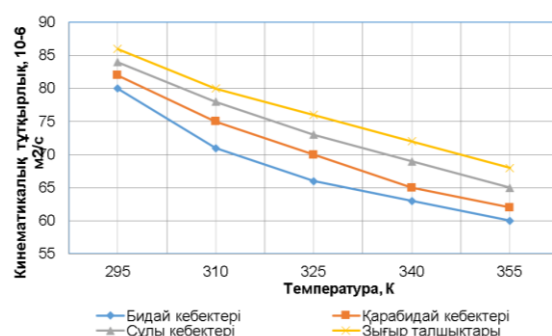


Сурет 8 – Сүзу материалдарының мақсары майының шығымы мен сүзу жылдамдығына әсері

9-шы суреттен мақсары майының температурасына байланысты кинетикалық тұтқырлығының қаншалықты өзгертіндігін көруімізге болады. Температураның көтерілуіне байланысты мақсары майының кинетикалық тұтқырлығының төмендейтінін байқаймыз. Мақсары майының кинетикалық тұтқырлығының төмендеуі екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалдарымен сүзу кезіндегі процестің жақсы жүретіндігі анық байқалады.

Жоғарыдағы зерттеулер көрсеткендей, екіншілік шикізатынан тұратын сүзгі материалдарын талдау кезінде зығыр талшықтары барлық параметрлері жағынан ұтымды келетіндігін көруімізге болады.

Сондықтан зығыр талшықтарын сүзу материалы ретінде таңдап алынғандықтан, аталмыш материал арқылы сүзілген мақсары майының майқышқылды, бейорганикалық құрамы мен дәрімендер мөлшерін анықталды. Барлық көрсеткіштер 024/2011 КО ТР сәйкес стандартты әдістермен анықталды. Зерттеу нәтижелері 2-ші кестеде келтірілген.



Сурет 9 – Сүзу материалдарының мақсары майының кинематикалық тұтқырлығы мен температурасына әсері

Кесте 2 – Мақсары майының майқышқылды, бейорганикалық құрамы мен дәрумендер мөлшері

Көрсеткіштердің атауы	Сипаттамалары мен нормалары	Сүзуге дейінгі нәтижелер	Сүзуден кейінгі нәтижелер
Қаныққан май қышқылдары			
Каприл қышқылыC8:0	нормаланбайды	0,94±0,198	-
Миристин қышқылыC14:0	До 1,0	0,35±0,121	0,07±0,054
Пальмитин қышқылыC16:0	2,0-10,0	7,6±0,563	4,34±0,425
Стеарин қышқылыC18:0	1,0-10,0	2,56±0,327	1,81±0,275
Моноқанықпаған май қышқылдары			
Пальмитолеин қышқылы C16:1	До 0,5	0,08±0,058	0,05±0,046
Олеин қышқылыC18:1	7,0-12,2	12,13±0,711	18,31±0,874
Арахин қышқылы C20:0	До 2,5	0,33±0,117	0,30±0,112
Беген қышқылыC22:0	До 0,5	0,1±0,065	0,24±0,100
Цис-10-гептадецен қышқылы C17:1	нормаланбайды	0,1±0,065	0,23±0,098
Гадолеин қышқылыC20:1	нормаланбайды	0,06±0,050	0,11±0,068
Полиқанықпаған май қышқылдары			
Цис-линол қышқылыC18:2	55,0-81,0	74,82±1,766	82,52±1,854
А-линолен қышқылы 18:3	До 1,0	0,95±0,199	0,22±0,096
Бейорганикалық құрамы: (мг/кг, аспауы тиіс)			
Темір	5,0	0,024±0,032	0,045±0,043
Фосфор	нормаланбайды	0,067±0,053	0,346±0,120
Кремний	нормаланбайды	0,066±0,052	0,249±0,102
Күкірт	нормаланбайды	0,085±0,059	0,0
Хлор	нормаланбайды	0,091±0,062	0,466±0,139
Кальций	нормаланбайды	0,107±0,067	0,236±0,099
Дәрумендер:			
А дәрумені (мкг/100 г)	нормаланбайды	10,0 төмен	10,0 төмен
Е дәрумені (мг/100 г)	нормаланбайды	31,34±3,13	32,06±3,21

Мақсары майының май қышқылды, бейорганикалық құрамы мен токоферолдары санын зерттеу нәтижесінде, құрамындағы қаныққан май қышқылдарының мөлшері төмендеп, моно- және полиқанықпаған қышқылдардың (олеин, беген, цис-10-гептадецен мен цис-линол қышқылдары) мөлшері артқанын көреміз, сонымен қатар бейорганикалық құрамы барлық нормаларға сай, ал Е дәруменінің мөлшері біршама жоғарлағанын байқаймыз.

Қорытынды

Қорытындылай келе, мақсары майын екіншілік шикізаттар арқылы бастапқы тазарту нәтижесінде зығир талшықтары 100 г майдан 93%-ға дейін май алдық, ал органолептикалық көрсеткіштері жоғары болды.

Зығир талшықтарын ФПР маркалы сүзгі жабдығында қолдану нәтижесінде алған мәліметтерді көпфакторлы математикалық өңдеу кезінде сорғы қысымының майдың шығымы мен тұнба мөлшеріне, сүзу жылдамдығының майдың шығымына, температураның кинематикалық тұтқырлыққа оң әсерін анықтадық.

Зығыр талшықтары арқылы тазартылған мақсары майының құрамындағы қаныққан май қышқылдарының концентрациясы төмендеп, қанықпаған олеин (18,31), цис-линол (82,52) және т.б. май қышқылдары мен Е (32,06 мг/100 г) дәруменінің мөлшерінің жоғарлағанын көреміз.

Әдебиеттер тізімі

1. Assessment of quality and food safety of vegetable oils produced in various regions of kazakhstan / G. Aidarkhanova et al // Доклады НАН РК. – 2021. – № 3. – P. 5-11.
2. Comparative Analysis and Determination of the Fatty Acid Composition of Kazakhstan's Commercial Vegetable Oils by GC-FID / M. Toishimanov et al // Applied Sciences. – 2023. – T. 13, – № 13. – P. 7910.
3. Казахстан увеличивает производство сафлорового масла: [https://agroinfo.kz]. URL: https://agroinfo.kz/kazakhstan-uvvelichivaet-proizvodstvo-saflorovogo-masla/.
4. Development of oil and fat industry in Kazakhstan / A. Baltabayeva et al // Problems of AgriMarket. – 2019. – № 1. – P. 193-200.
5. Fatty acid profile and quality assessment of safflower (*Carthamus tinctorius*) oil at region / M.B. Katkade et al // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2018. – T. 7, № 2. – P. 3581-3585.
6. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability / E. Ebrahimian et al // Agricultural Water Management. – 2019. – T. 218. – P. 149-157.
7. Safflower seed cleaning machine and determining the rotational speed of its supplying roller / M.R. Karimov et al // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – T. 868, № 1. – P. 012050.
8. Development of a smallsize processing line for production of safflower oil / M. Mursalykova et al // Journal of Food Process Engineering. – 2023. – T. 46, № 9. – P. e14394.
9. Bergman J.W. Registration of Centennial' Safflower / J.W. Bergman et al // Crop Science. – 2001. – Vol. 41. – P. 1639-1640.
10. Esendal E. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) / E. Esendal. // Hereditas. – 2006. – Vol. 143. – P. 5-7.

References

1. Assessment of quality and food safety of vegetable oils produced in various regions of kazakhstan / G. Aidarkhanova et al // Doklady NAN RK. – 2021. – № 3. – R. 5-11. (In English).
2. Comparative Analysis and Determination of the Fatty Acid Composition of Kazakhstan's Commercial Vegetable Oils by GC-FID / M. Toishimanov et al // Applied Sciences. – 2023. – T. 13, – № 13. – R. 7910. (In English).
3. Kazakhstan uvelichivaet proizvodstvo saflorovogo masla: [https://agroinfo.kz]. URL: https://agroinfo.kz/kazakhstan-uvvelichivaet-proizvodstvo-saflorovogo-masla/. (In Russian).
4. Development of oil and fat industry in Kazakhstan / A. Baltabayeva et al // Problems of AgriMarket. – 2019. – № 1. – R. 193-200. (In English).
5. Fatty acid profile and quality assessment of safflower (*Carthamus tinctorius*) oil at region / M.B. Katkade et al // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2018. – T. 7, № 2. – R. 3581-3585. (In English).
6. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability / E. Ebrahimian et al // Agricultural Water Management. – 2019. – T. 218. – R. 149-157. (In English).
7. Safflower seed cleaning machine and determining the rotational speed of its supplying roller / M.R. Karimov et al // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – T. 868, № 1. – R. 012050. (In English).
8. Development of a smallsize processing line for production of safflower oil / M. Mursalykova et al // Journal of Food Process Engineering. – 2023. – T. 46, № 9. – R. e14394. (In English).
9. Bergman J.W. Registration of Centennial' Safflower / J.W. Bergman et al // Crop Science. – 2001. – Vol. 41. – P. 1639-1640. (In English).
10. Esendal E. Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) / E. Esendal. // Hereditas. – 2006. – Vol. 143. – R. 5-7. (In English).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА И ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ СЕМЯН ЦЕЛЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

В статье проведен экспертный аналитический обзор литературных источников на основе поставленных задач по реализации цели повышения эффективности очистки сафлорового масла с использованием вторичного сырья переработки зерновых и масличных культур, определен объект исследования и цель технологии эффективной очистки сафлорового масла. Проанализированы способы использования вторичного сырья в качестве фильтрующих материалов, в качестве оптимального фильтрующего материала предлагается льняное волокно. Были проведены многофакторные экспериментальные исследования для применения фильтрующего материала, состоящего из вторичного сырья переработки, в промышленном оборудовании. Мы видели, что при очистке фильтрующими материалами, состоящими из вторичного сырья переработки, выход сафлорового масла увеличивалась из-за давления насоса. Под воздействием давления насоса $180 \cdot 10^{-3}$ Па мы можем связать с тем, что выход масла снизился, а пропускная способность фильтрующих материалов уменьшилась, и мы можем увидеть, что выход сафлорового масла также увеличился из-за увеличения скорости фильтрации. В результате фильтрации сафлорового масла через льняное волокно в рамном фильтре со скоростью 0,1 л/с выход сафлорового масла увеличился до 93%. В результате изучения жирнокислотного, неорганического состава и количества витаминов сафлорового масла мы видим снижение содержания насыщенных жирных кислот и увеличение содержания моно- и полиненасыщенных кислот (олеиновая, бегенская, цис-10-гептадеценвая и цис-линолевая кислоты), а также наблюдаем, что неорганический состав соответствует всем нормам, а содержание витамина Е увеличивается.

В исследовательской работе используется рамный фильтр-пресс марки ФПР для очистки растительного масла. В результате обоснованы параметрические зависимости эффективной очистки сафлорового масла с использованием фильтрующих материалов, состоящих из вторичного сырья переработки, в рамном рядном фильтровальном прессе и найдено рациональное решение для применения в производстве.

Ключевые слова: *отруби пшеничные, отруби гречневые, отруби овсяные, льняное волокно, фильтр-пресс рамального ряда, растительное масло, сафлоровое масло, фильтрация, вторичное сырье.*

M.M. Kakimov, S.D. Tokayev, M.T. Mursalykova, B.M. Isakov*, A.M. Musina
S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62
*e-mail: baissemey@bk.ru

USING THE SECONDARY RAW MATERIALS OF GRAIN PROCESSING AND OIL SEED RECYCLING AIM TO INCREASE OIL REFINEMENT EFFICIENCY

In the article the expert analytical review of literature sources on the basis of set tasks on realization of the purpose of increasing the efficiency of safflower oil purification using secondary raw materials of grain and oilseed crops processing is carried out, the object of research and the purpose of technology of effective purification of safflower oil are defined. Methods of using secondary raw materials as filtering materials were analyzed, linen fiber is proposed as an optimal filtering material. Multifactorial experimental studies were carried out for the application of filtering material consisting of recycled processing raw materials in industrial equipment. We saw that when purification with filter media composed of recycled recycled processing raw materials, the safflower oil yield increased due to pump pressure. Under the influence of the pump pressure of $180 \cdot 10^{-3}$ Pa, we can relate that the oil yield decreased and the capacity of the filter media decreased, and we can see that the safflower oil yield also increased due to the increase in filtration rate. As a result of filtering safflower oil through linseed fiber in a frame filter with a filtration rate of 0.1 L/s, the safflower oil yield increased to 93%. As a result of the study of fatty acid, inorganic composition and the amount of vitamins of safflower oil, we see a decrease in the content of saturated fatty acids and an increase in the content of mono- and polyunsaturated acids (oleic, behenic, cis-10-heptadecenoic and cis-linoleic acids), and we also observe that the inorganic composition meets all the norms, and the content of vitamin E increases.

In the research work, frame filter press of FPR brand is used for purification of vegetable oil. As a result, the parametric dependencies of effective purification of safflower oil using filtering materials consisting of secondary raw materials of processing in a frame row filter press are substantiated and a rational solution for application in production is found.

Key words: wheat bran, buckwheat bran, oat bran, flax fiber, ramal row filter-press, vegetable oil, safflower oil, filtration, secondary raw material.

Авторлар туралы мәліметтер

Мұхтарбек Мұханұлы Какимов – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі, e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Серік Дүйсенғалиевич Тоқаев – техника ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Майгул Тауржановна Мурсалыкова – PhD, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: maigul_85@mail.ru.

Бауыржан Мырзабекович Искаков* – техника ғылымдарының магистрі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Әсемгүл Мирамханқызы Мусина – С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2 курс магистранты, e-mail: mussinaasem@mail.ru.

Сведения об авторах

Мухтарбек Муханович Какимов – кандидат технических наук, доцент, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, заведующий кафедрой «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Серик Дуйсенғалиевич Токаев – кандидат технических наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, старший преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Майгул Тауржановна Мурсалыкова – PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, старший преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; e-mail: maigul_85@mail.ru.

Бауыржан Мырзабекович Искаков* – магистр технических наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Әсемгүл Мирамханқызы Мусина – Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, магистрант 2 курса, e-mail: mussinaasem@mail.ru.

Information about the authors

Mukhtarbek Mukhanovich Kakimov – candidate of technical sciences, associate professor, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seyfullin, head of department «Technology of food and processing industries»; e-mail: muhtarbek@mail.ru.

Serik Duisengalievich Tokayev – candidate of technical sciences, Kazakh agrotechnical research university named after S. Seyfullin, senior lecturer of department «Technology of food and processing industries»; e-mail: tokaev_sd@mail.ru.

Maigul Taurzhanovna Mursalykova – PhD, Kazakh agrotechnical research university named after S. Seyfullin, senior lecturer of department «Technology of food and processing industries»; e-mail: maigul_85@mail.ru.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov* – master of technical sciences, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seyfullin, teacher of department «Technology of food and processing industries»; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Asemgul Miramkhankyzy Musina – Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Master's student of the 2nd course; e-mail: mussinaasem@mail.ru.

Редакцияға енуі 04.04.2024

Өңдеуден кейін түсуі 04.07.2024

Жариялауға қабылданды 12.08.2024

М.К. Шаяхметова^{1*}, А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Г.Б. Абдилова¹, Н.К. Ибрагимов¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

³Кемеровский государственный университет,

650000, Российская Федерация, Кемерово, Красная улица, 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

Аннотация: Для стран ЕАЭС и в, частности для Республики Казахстан, крайне актуальным является применение технологий безотходной переработки сырья. К таким производствам относятся средние и малые мясокомбинаты. В безотходной технологии мясопродуктов производство сухих кормов имеет большую пищевую ценность по сравнению с другими кормовыми продуктами. В производстве сухих кормов на крупных предприятиях для разделения жидких неоднородных систем, широко применяется непрерывно действующее высокопроизводительное оборудование.

Однако для малых и средних предприятий, курс на развитие которых проводится в республике, необходимо такое же непрерывно действующее оборудование небольшой производительности. В связи с этим разработка такого оборудования является весьма актуальной задачей. При этом ранее проводившиеся многочисленные исследования в основном были направлены на изучение технологической и динамической стороны процесса центрифугирования машин большой производительности, применяемых в смежных отраслях промышленности, в частности, химической, тогда как для машин малой и средней производительности таких исследований проводилось не достаточно. Особенно это актуально для мясной промышленности, где процессы центрифугирования жидких систем недостаточно изучены. Это связано с тем, что мясопродукты представляют собой сложную коллоидно-дисперсную систему, состоящую из плотно прилегающей влаги и сухого остатка, обладающую большой адсорбционной способностью. Не в полной мере изучены качественные и количественные характеристики центрифугирования. Недостаточно уделялось внимание технологическим особенностям производства наряду с конструктивными особенностями оборудования. В этой связи производство сухих кормов востребовано, так как последние имеют большую пищевую ценность, превосходящую другие кормовые продукты. В производстве сухих кормов для животных процесс центрифугирования используется для отделения жира от шквары. Применение процесса центрифугирования в выделении жира из шквары обеспечивает высокое качество получаемого жира. Причём, это качество значительно выше, чем у жира, получаемое в процессах прессования и экстракции сырья.

Как следствие, значительная экономия электроэнергии в малом и среднем производстве с масштабированием на всю мясоперерабатывающую промышленность способствует улучшению общей экологической обстановки. В этой связи повышается значимость дальнейшего развития «зелёной» энергетики.

Ключевые слова: процесс, технология, технико-экономическая оптимизация, центрифуга, модель, производство, критериальные уравнения.

Введение

Актуальность выбранной темы по совершенствованию конструкции и режимов работы фильтрующей центрифуги обусловлена необходимостью внедрения технологии безотходной переработки мясного сырья с целью производства сухих кормов, обладающих высокой пищевой ценностью. Важнейшим звеном в данной переработке является технологическое оборудование для разделения жира от шквары, представленное в данной работе

фильтрующей центрифугой. Вполне понятно, что важнейшими требованиями к эксплуатации данного оборудования, в нашем случае центрифуги, являются совершенствование конструкции и оптимизация режимов работы центрифуги, что необходимо для повышения производительности и снижении удельных энергозатрат. Последнее особенно актуально в свете внедрения в общемировом масштабе ресурсосберегающих технологий и перехода к так называемой «зелёной» экономике.

Работа основана на опыте отечественных и зарубежных учёных.

Большой вклад в разработку теории и совершенствование конструкций пищевых центрифуг, технико-экономической оптимизацией работы последних внесли отечественные учёные: Г.М. Знаменский, В.И. Соколов, Е.В. Томбаев, С.М. Гребенюк, А.И. Пелеев, С.Г. Либерман, В.Г. Жуков, В.И. Аснера, Г.И. Бремера, В.А. Гельперина, И.А. Рогов, А.В. Горбатов, А.Н. Мачихин, М.Б. Азаров, У.Ч. Чоманов, Д.Т. Жайлаубаев, С.Н. Туменов, Е.С. Спандияров, А.Б. Оспанов, С.В. Федотов, А.Е. Еренгалиев, А.К. Какимов, А.Л. Касенов.

Следует отметить авторов конструкций горизонтальных шнековых центрифуг для разделения жира: Г.Е. Лимонов, В.А. Деханов (линия Я8-ФОВ-М); фильтрующих центрифуг для извлечения жира из измельчённой кости М.Л. Файвишевский, С.Г. Либерман, К.Д. Синицын, В.П. Петровский (ФМД-802К-05 в линии Я8-ФЛК); М.Л. Файвишевский, Н.П. Кузьменко (интегральная обработка мякотного сырья на усовершенствованной машине Я8-ФИБ).

К числу зарубежных учёных следует отнести: Д. Рассела, Д. Милнера, М. Кастельяно, П. Переса, И. Лодоса, Д. Грейса, И. Дьери, Е. Ненигера, И. Сторроу.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного сырья использовали отходы производства переработки свинины в виде агломерата свиного жира, шквары, водной суспензии. Для интенсификации процесса центрифугирования свиное сырьё разогревали до температурного диапазона 75-80°C. Сырьё дробили на отдельные партии по весу, в среднем, от 400 до 1000 г по 12 навесок. В свою очередь сформировали 4 такие партии в соответствии с выбранной траекторией эксперимента. Все 4 партии предназначались для 4-х частотных режимов оборотов ротора центрифуги: 1000, 1500, 2000, 2500 мин⁻¹. Применили электродвигатель центрифуги с регулировкой частоты вращения ротора. Каждый частотный режим включал в себя 3 временных цикла центрифугирования: 5, 7, 10, 15 мин (с повтором 3 раза). При этом загрузка по массе (весу) составляла от 410 до 1000 г.

По окончании каждого опыта полученная фаза шквары взвешивалась. Все результаты ($M_{ш}$ кг) сводились в журнал наблюдений. Таким образом, каждый частотный режим состоял из 12-ти опытов. Все 4 частотных режима в сумме составили 48 опытов. Рассчитали производительность центрифуги по выходу шквары $M_{ш}$ кг/ч, производительность центрифуги по загружаемому сырью G_c кг/ч. Рассчитали потребляемую мощность электродвигателя центрифуги в кВт, $N_{эдр} \cdot 10^3$, а также значения нагрузки мощности электродвигателя за период каждого опыта $N_{эдр} \cdot 6 \cdot 10^4$ кВт·ч. Все значения замеров в опытах и полученные расчётным путём внесли в таблицу 1. Опытные и расчётные данные эксперимента.

Числовые значения опытов математически обработали. Получили математические модели эксперимента с проверкой адекватности вычислений. В результате провели оптимизацию работы центрифуги на основе математического моделирования. Практические испытания подтвердили правильность, адекватность полученной модели. (раздел «Математическая модель»).

Практические результаты эксперимента представили в виде графических зависимостей (раздел «Физическая модель»). Анализируя полученные графики, были сделаны выводы и получены алгебраические выражения полученных функций.

Продолжая физическое моделирование, используя теоремы подобия, получили ряд критериальных уравнений, описывающих энергетические и материальные зависимости при центрифугировании. Полученные критериальные уравнения позволяют достаточно просто рассчитать оптимальные значения производительности установки и затраты мощности при различных режимах эксплуатации [13].

На основании опытных и расчётных значений эксперимента были сделаны обоснованные выводы по оптимальным значениям частоты оборотов ротора и максимальных выходах шквары в процентном соотношении и по производительности. Выяснены оптимальные технико-экономические режимы работы экспериментальной фильтрующей центрифуги [13].

В ходе проведения эксперимента выяснили следующие недостатки экспериментальной центрифуги: низкую производительность; короткий вал шнека питателя; толстые стенки фильтрующего барабана; низкий процент отделения жира от шквары [13].

С целью совершенствования конструкции установки произвели следующие изменения:

1. Разработали шнековое разгрузочное устройство с целью, чтобы шнек доставал дно фильтрующего барабана для полной выгрузки.

2. Разгрузочное устройство снабдили подвижным скребком, совмещенным с рычагом, позволяющем смещать скребок и периодически снимать твердую фазу с поверхности фильтрующего барабана, направляя твердую фазу в разгрузочное устройство. При этом геометрическая ось скребка совпадает с направлением результирующих двух сил: силы центрифугирования направленной перпендикулярно поверхности барабана и поступательной силы вращения барабана [13].

С целью увеличения процента выхода шквары при центрифугировании в ходе эксперимента, увеличивая частоту вращения ротора, определили оптимальное число оборотов ротора, при котором был обеспечен максимальный выход искомого жира [13].

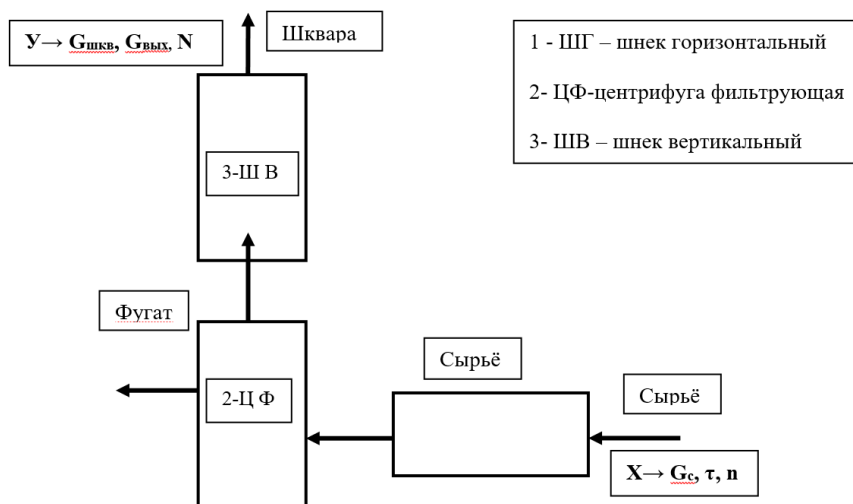


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки

Таблица 1 – Параметры блок-схемы

Управляющие параметры X:	Управляемые параметры Y:
1. Масса загружаемого сырья. Мс, кг	1. Массовый выход шквары М _{вых} , кг.
2. Время обработки сырья. τ, с.	2. Производительность по шкваре М _ш , кг/ч.
3. Частота вращения ротора центрифуги n, с ⁻¹	3. Потребная мощность, N, кВт.

Метод применяем при оптимизации уравнений регрессии второго порядка, полученных по результатам центрального рототабельного композиционного планирования (ЦКРП) в ходе математической обработки результатов эксперимента. При этом, на независимые переменные накладываются ограничения: значения факторов $X_1 \dots X_n$ не должны выходить за область эксперимента [2].

Указанное ограничение имеет вид:

$$\varphi(X_1, \dots, X_n) = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2 = \rho^2 \quad (1)$$

Данное выражение отображает сферу с центром в центре эксперимента и с радиусом ρ . На факторной плоскости - это окружность с радиусом ρ . Значение ρ при этом равно величине «звёздного» плеча.

Для двухфакторной задачи оптимизации функция Лагранжа примет вид:

$$F(X_1, X_2, \lambda) = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + \lambda (X_1^2 + X_2^2 - \rho^2) \quad (2)$$

Дифференцируя уравнение (2) по X_1, X_2, λ , составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial X_1} = b_1 + b_{12}X_2 + 2b_{11}X_1 + 2\lambda X_1 = 0 \\ \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial X_2} = b_2 + b_{12}X_1 + 2b_{22}X_2 + 2\lambda X_2 = 0 \\ \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial \lambda} = X_1^2 + X_2 - \rho^2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Систему (3) решаем при разных значениях радиуса ρ , который изменяется от нуля до величины звёздного плеча. В нашем случае, для двухфакторной задачи: $0 < \rho < 1,41$.

Из полученных значений выбираем одно, соответствующее условию оптимизации – минимум или максимум параметра оптимизации.

Запишем полученное ранее уравнение регрессии в кодированных переменных:

$$y = 1180 + 7,81X_1 + 11,23X_2 - 510,6X_1X_2 - 510,6X_1^2 - 518,2X_2^2 \quad (4)$$

Данное уравнение мы выше привели к канонической форме:

$$Y = 1180 - 304,4Z_1^2 - 723,5Z_2^2 \quad (5)$$

Как видно из уравнения, исследуемая поверхность представляет собой эллипсоид. В центре поверхности имеет место максимум выходного параметра, на что указывает знак «-» перед каноническими коэффициентами [2-4].

Для определения оптимальных режимов центрифугирования с максимальным выходом шквары применим метод неопределённых множителей Лагранжа. Составим функцию Лагранжа, представляющую собой сумму целевой функции и ограничения [14].

$$F(X_1, X_2, \lambda) = 1180 + 7,81X_1 + 11,23X_2 - 510,6X_1X_2 - 510,6X_1^2 - 518,2X_2^2 + \lambda(X_1^2 + X_2 - \rho^2) \quad (6)$$

Дифференцируем данное уравнение по X_1 , X_2 и λ , получим:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial X_1} = 7,81 - 510,6X_2 - 1021,2X_1 + 2\lambda X_1 = 0 \\ \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial X_2} = 11,23 - 510,6X_1 - 1036,4X_2 + 2\lambda X_2 = 0 \\ \frac{\partial F(X_1, X_2, \lambda)}{\partial \lambda} = X_1^2 + X_2 - \rho^2 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Для решения данной системы уравнений с последующим вычислением функции отклика применили интегрированный пакет MAPLEW 8. Расчёт произвели при изменении радиуса сферы в диапазоне $\rho = 1,41 \dots 0$.

Таблица 2 – Оптимизация методом неопределённых множителей Лагранжа

№ шага	ρ	X_1	X_2	λ	y
1	1,41	0	1,41	745,71	558,5
2	1,2	0,0006	1,19	745,75	569,7
3	1,0	0,0004	0,99	745,74	570,3
4	0,8	0,00026	0,79	745,70	571,5
5	0,6	0,00009	0,59	745,65	572,1
6	0,4	0,00006	0,39	745,51	572,9
7	0,2	0,00023	0,19	745,11	574,8
8	0,1	0,00031	0,09	744,44	577,4
9	0	0	0	744,49	575,7

На основании результатов следует принять режим, полученный на 8-ом шаге оптимизации $X_1 = -0,00031$ и $X_2 = 0,09$. При этом достигается максимальный выход продукта $y = 577,4$ г.

Выполним переход от кодированных значений факторов к натуральным:

$$x_i = X_i \cdot \varepsilon_i + x_i^{осн}$$

x_i – натуральное значение i -того фактора;

X_i – кодированное значение i -того фактора;

ε_i – интервал варьирования i -того фактора;

$x_i^{осн}$ – натуральное значение i -того фактора.

Получаем оптимальные параметры процесса:

$x_{1.8} = -0,00031 \cdot 8 + 960 = 960$ г – масса загрузки.

$x_{2.8} = 0,09 \cdot 8 + 10 = 10,72$ мин – время центрифугирования.

Отображаем на рисунке1 поверхность отклика.

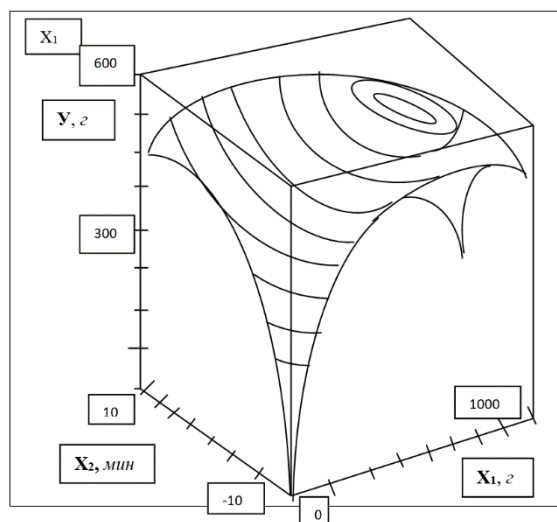


Рисунок 2 – Поверхность отклика

Выполнили многокритериальную оптимизацию по двум основным параметрам: по массе загрузки X_1 (Мс) и времени центрифугирования X_2 (т). Данные критерии находятся в «конфликте» друг с другом. Так, например, повышение массы загрузки сырья приводит в большинстве случаев к увеличению необходимого времени центрифугирования [16].

Важнейшим комплексным критерием оптимизации является обобщённая функция желательности D , которая представляет собой среднее геометрическое желательностей

отдельных параметров оптимизации [16]. В общем случае:

$$D = \sqrt[q]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_q}$$

При двух параметрах оптимизации в нашем случае:

$$D = \sqrt{d_1 \cdot d_2}$$

где d_1 ; d_2 – желательные уровни 1 и 2-ого параметров оптимизации. При этом

$0 < d < 1$. $d = 1,00$ – максимально возможный уровень оптимизации. Недопустимый уровень оптимизации: $d = 0 - 0,37$. $d = 0$ – максимально нежелательный уровень оптимизации. Заданный уровень оптимизации: $d = 0,37$.

$d = 0,60 - 0,37$ – допустимый и достаточный уровень оптимизации.

$d = 1,00$ – максимально возможный уровень оптимизации.

В нашем случае ограничения параметров у двухсторонние, т.е. имеют вид $y_{\min} < y < y_{\max}$. Функции желательности имеет вид:

$$d_i = \exp \left| - \left(\left| y_i' \right| \right)^n \right| \quad (8)$$

где n – положительное число.

$$y_i' = \frac{2y_i - (y_{\max} + y_{\min})}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (9)$$

$$y_i' = \frac{2 \cdot 79,8 - (79,98 + 67,98)}{79,8 - 67,98} = 0,9848$$

Задались значением $0,6 < d < 0,9$ и затем рассчитали y' .

Для оптимизации процесса величины выходных параметров преобразованы в безразмерную шкалу желательности d (d_1 – выход продукта).

Оптимальному сочетанию исследуемых факторов соответствует максимальная величина обобщенной функции желательности D .

Согласно формуле:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ik} x_i x_k + \sum b_{ii} x_i^2 \quad (10)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что рассматриваемые факторы находятся на средних, «нулевых» уровнях;

i, k – индексы факторов;

b_i – коэффициенты при линейных членах;

b_{ik} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, насколько изменяется степень влияния одного фактора при изменении величины другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, определяющие нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов.

Система уравнений для определения b_0 и b_1 для определения максимальной производительности по готовому продукту будет иметь вид:

$$\begin{cases} 79,98 = b_0 + 870b_1; \\ 67,98 = b_0 + 520b_1, \end{cases}$$

где 870 – лучшее значение для Y_1 (%); 520 – худшее значение для Y_1 (%).

Отсюда $b_0 = 50,15$ и $b_1 = 0,0346$.

В нашем случае имеют место односторонние ограничения на выходные параметры вида $Y \leq Y_{\max}$ или $Y \geq Y_{\min}$. Приемлемой формой преобразования Y в d служит экспоненциальная зависимость:

$$d = \exp[-\exp(-Y')] \quad (11)$$

где $Y' = b_0 + b_1 Y$.

Частные функции имеют вид:

$$d_1 = \exp[-\exp(50,15 - 0,0346 \cdot Y_1)] \quad (12)$$

Значения частных функций желательности для всех точек плана, определенные по этим формулам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения частных функций и обобщенной функции желательности каждого опыта

Номер опыта	X_1	X_2	d_1	D
1	-1	-1	0,376313	0,376
2	+1	-1	0,376699	0,377
3	-1	+1	0,279602	0,280
4	-1	+1	0,381641	0,382
5	-1,41	0	0,529702	0,530
6	1	-1	0,156151	0,156
7	1	1	0,128019	0,128
8	1	1	0,010617	0,011
9	-1,41	0	0,422907	0,423
10	+1,41	0	0,109356	0,109
11	0	-1,41	0,467557	0,468
12	0	+1,41	0,133141	0,133
13	0	0	0,277623	0,278
14	0	0	0,083424	0,083
15	0	0	0,035435	0,035
16	0	0	0,035435	0,035
17	0	0	0,035435	0,035
18	0	0	0,035435	0,035

Наглядное представление значений обобщенной функции желательности представлено на рисунке 3. Обобщенная функция желательности D имеет минимальное значение в опыте 8 и составляет 0,011.

На основании данного результата оптимальными следует считать параметры: частота ротора центрифуги $n = 2000$ с-1, при этом время процесса составляет $t = 600$ с.

При этом достигается максимальный выход продукта $M_{ш} = 0,1210$ кг/с при массе выхода $M_{вых} = 0,0283$ кг/с за минимальное время процесса $t = 600$ с [16].

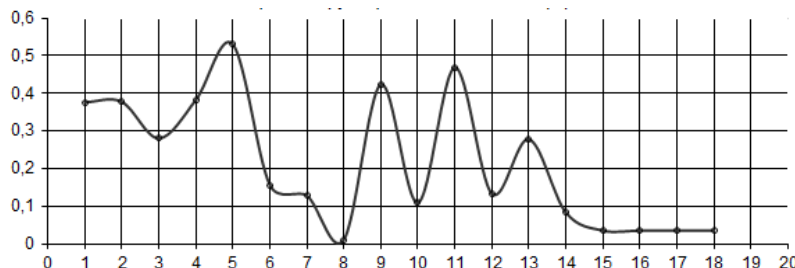


Рисунок 3 – График обобщенной функция желательности (D)

Таким образом, оптимизация на основе математической модели выполнена. Адекватность оптимизации на основе математической модели подтверждена опытными данными [16].

Результаты и обсуждение

Данная работа внесла свой вклад в научно-техническую область знаний: в прикладной раздел науки о процессах и аппаратах пищевых (мясоперерабатывающих) производств. Вклад данной работы состоит в дальнейшем развитии физического и математического моделирования, а также в некоторых аспектах системной и экономической оптимизации. Также следует отметить практическое применение математического метода множителей Лагранжа для определения оптимальных временных и кинетических параметров процесса центрифугирования в комплексе с фильтрованием.

Оптимизация процесса центрифугирования при получении шквары, в частности, состояла в обеспечении такого режима работы, при котором абсолютный выход шквары $G_{вых}$ (г) и процентная доля $\Delta Ш$ (%) будут максимально возможными при оптимальном (минимальном) времени центрифугирования t (мин), а также при относительно небольшой затраченной мощности $N_{эдв}$.

Рассчитали и определили оптимальный режим с позиций математической обработки экспериментальных данных. Выбирали параметр оптимизации y ($G_{вых}$), зависящий от факторов $X_1, X_2, \dots, X_n$. Задача оптимизации: определение таких значений факторов, при которых этот параметр достигает экстремума (минимума или максимума).

Параметр оптимизации y (критерий оптимизации, целевая функции) количественно характеризует исследуемый процесс.

В нашем случае в качестве целевой функции была выбрана производительность центрифуги по выходу шквары $M_{вых}$. Факторы, определяющие параметр оптимизации y – это масса загрузки сырья m (X_1) время центрифугирования t (X_2).

На основе математической модели выполнена оптимизация процесса центробежной фильтрации. Как видно из полученных графиков и вычислений, наибольший выход шквары наблюдался при частоте вращения ротора центрифуги $n = 2000$ об/мин.

Наибольшая производительность по выходу шквары для всех режимов по частоте вращения ротора центрифуги наблюдалась при времени обработки сырья $t = 600$ с. При этом, при частоте $n = 2000$ об/мин была получена максимальная производительность $M_{ш} = 1,133$ г/с (4,78 кг/ч).

Заключение

Математическая и физико-математическая обработка с проверкой адекватности вычислений опытных данных позволила получить требуемые математические и физические модели процессов центробежного осаждения с одновременной фильтрацией. Анализ теоретических и практических результатов позволил определить оптимальные технико-

экономические режимы работы центрифуги. Выполнена практическая реализация результатов эксперимента и расчётов, включающая, системную и экономическую оптимизация работы всей комплексной установки, а также инженерную методику расчётов последней. Таким образом, поставленные цели и задачи исследовательской работы решены.

Список литературы

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы.01.09.2023. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/realizaciya-poslaniya-prezidenta-rk-v-apk-uvelichenie-investiciy-i-rost-proizvodstva-produkcii-zhivotnovodstva>10.12.2019.
2. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования / В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1970. – 443 с.
3. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В.И. Соколов. – М.: Колос, 1992. – 400 с.
4. Соколов В.И. Современные промышленные центрифуги / В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1967. – 522 с.
5. Соколов В.И. Центрифуги. Процессы центрифугирования и современные конструкции центрифуг / В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
6. Соколов В.И. Центрифугирование / В.И. Соколов. – 1976. – М.: Химия, 1986 – 485 с.
7. Дытнерский С.А. Процессы и аппараты химической технологии / С.А. Дытнерский. – 2 изд. – М.: Химия, 2002 – 226 с.
8. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М., Химия, 1973. – 752 с.
9. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / А.И. Пелеев. – М.: Агропромиздат, 1983. – 715 с.
10. Фёдоров Н.Е. Методы расчётов процессов и аппаратов пищевых производств. – Н.Е. Федоров. – М.: Пищевая промышленность. – 1967. – 325 с.
11. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1991. – 194 с.
12. Павлов Н.Е. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Н.Е. Павлов, М.И. Романков, А.Н. Носков. – Л.: Химия, 1981. – 514 с.
13. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.В. Горбатов и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.
14. Расчет кинематических параметров процесса центрифугирования / М.К. Шаяхметова и др. // Вестник университета имени Шакарима. Серия технических науки. – 2023. – № 1(10). – С. 5-11.
15. Усовершенствование центрифуги для разделения жира от шквары / М.К. Шаяхметова и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 2(10). – С. 56-63.
16. Критериальное уравнение для оптимизации режимов работы фильтрующей центрифуги / М.К. Шаяхметова и др. // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия «Технические науки и технологии». – 2024. – № 1(146). – С 132-150.

References

1. Memleket basshysy Qasym-Zhomart Toqaevtyñ Qazaqstan khalkyna Zholdauy.01.09.2023. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/realizaciya-poslaniya-prezidenta-rk-v-apk-uvelichenie-investiciy-i-rost-proizvodstva-produkcii-zhivotnovodstva>10.12.2019. (In Kazakh).
2. Sokolov V.I. Osnovy rascheta i konstruirovaniya detalei i uzlov pishchevogo oborudovaniya / V.I. Sokolov. – M.: Mashinostroenie, 1970. – 443 s. (In Russian).
3. Sokolov V.I. Osnovy rascheta i konstruirovaniya mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv / V.I. Sokolov. – M.: Kolos, 1992. – 400 s. (In Russian).
4. Sokolov V.I. Sovremennye promyshlennye tsentrifugi / V.I. Sokolov. – M.: Mashinostroenie, 1967. – 522 s. (In Russian).
5. Sokolov V.I. Tsentrifugi. Protsessy tsentrifugirovaniya i sovremennye konstruktсии tsentrifug / V.I. Sokolov. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 320 s. (In Russian).
6. Sokolov V.I. Tsentrifugirovanie / V.I. Sokolov. – 1976. – M.: Khimiya, 1986 – 485 s. (In Russian).
7. Dytnerskii S.A. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii / S.A. Dytnerskii. – 2 izd. – M.: Khimiya, 2002 – 226 s. (In Russian).

8. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii / A.G. Kasatkin. – M., Khimiya, 1973. – 752 c. (In Russian).
9. Peleev A.I. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatii myasnoi promyshlennosti / A.I. Peleev. – M.: Agropromizdat, 1983. – 715 c. (In Russian).
10. Fedorov N.E. Metody raschetov protsessov i apparatov pishchevykh proizvodstv. – N.E. Fedorov. – M.: Pishchevaya promyshlennost'. – 1967. – 325 s. (In Russian).
11. Dytnerskii YU.I. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii / YU.I. Dytnerskii. – M.: Khimiya, 1991. – 194 s. (In Russian).
12. Pavlov N.E. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoi tekhnologii / N.E. Pavlov, M.I. Romankov, A.N. Noskov. – L.: Khimiya, 1981. – 514 s. (In Russian).
13. Strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki pishchevykh produktov / A.V. Gorbato i dr. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982. – 296 s. (In Russian).
14. Raschet kinematcheskikh parametrov protsessa tsentrifugirovaniya / M.K. Shayakhmetova i dr. // Vestnik universiteta imeni Shakarima. Seriya tekhnicheskikh nauk. – 2023. – № 1(10). – S. 5-11. (In Russian).
15. Uovershenstvovanie tsentrifugi dlya razdeleniya zhira ot shkvary / M.K. Shayakhmetova i dr. // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2023. – № 2(10). – S. 56-63. (In Russian).
16. Kriterial'noe uravnenie dlya optimizatsii rezhimov raboty fil'truyushchei tsentrifugi / M.K. Shayakhmetova i dr. // Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo univeriteta imeni L.N. Gumileva. Seriya «Tekhnicheskie nauki i tekhnologii». – 2024. – № 1(146). – S 132-150. (In Russian).

М.К. Шаяхметова^{1*}, А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Г.Б. Абдилова¹, Н.К. Ибрагимов¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

³Кемерово мемлекеттік университеті,

650000, Ресей Федерациясы, Кемерово, Қызыл көше, 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

ЦЕНТРИФУГАЛАУ ПРОЦЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ МАҚСАТЫНДА ЛАГРАНЖ КӨБЕЙТКІШ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ

ЕАЭО елдері үшін, атап айтқанда Қазақстан Республикасы үшін шикізатты қалдықсыз өңдеу технологияларын қолдану өте өзекті болып табылады. Мұндай өндірістерге орта және шағын ет комбинаттары жатады. Ет өнімдерінің қалдықсыз технологиясында құрғақ жем өндірісі басқа жем өнімдерімен салыстырғанда тағамдық құндылығы жоғары. Ірі кәсіпорындарда құрғақ жем өндірісінде сұйық гетерогенді жүйелерді бөлу үшін үздіксіз жұмыс істейтін жоғары өнімді жабдықтар кеңінен қолданылады.

Алайда, даму бағыты республикада жүргізіліп жатқан шағын және орта кәсіпорындар үшін өнімділігі төмен үздіксіз жұмыс істейтін жабдықтар қажеттілігі туындап отыр. Осыған байланысты мұндай жабдықты әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Бұл ретте бұрын жүргізілген көптеген зерттеулер негізінен аралас өнеркәсіп салаларында, атап айтқанда химиялық салаларда қолданылатын үлкен өнімділігі бар машиналарды центрифугалау процесінің технологиялық және динамикалық жағын зерттеуге бағытталған, ал шағын және орта өнімділігі бар машиналар үшін мұндай зерттеулер жеткіліксіз болды. Бұл әсіресе сұйық жүйелерді центрифугалау процестері жақсы зерттелмеген ет өнеркәсібіне қатысты. Себебі ет өнімдері-бұл үлкен адсорбциялық қабілеті бар тығыз ылғал мен құрғақ қалдықтардан тұратын күрделі коллоидты-дисперсті жүйе. Центрифугалаудың сапалық және сандық сипаттамалары толық зерттелмеген. Жабдықтың құрылма ерекшеліктерімен қатар өндірістің технологиялық ерекшеліктеріне жеткілікті көңіл бөлінбеді. Осыған байланысты құрғақ жем өндірісі сұранысқа ие, өйткені соңғысы басқа жем өнімдерінен жоғары тағамдық құндылыққа ие. Құрғақ мал азығын өндіруде центрифугалау процесі майды шыжықтан бөлу үшін қолданылады. Майдың бөлінуінде центрифугалау процесін қолдану алынған майдың жоғары сапасын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, бұл сапа шикізатты пресстеу және экстракциялау процестерінде алынған майға қарағанда әлдеқайда жоғары.

Нәтижесінде, барлық ет өңдеу өнеркәсібіне масштабтау арқылы шағын және орта өндірісте электр энергиясын айтарлықтай үнемдеу жалпы экологиялық жағдайды жақсартуға ықпал етеді. Осыған байланысты «жасыл» энергетиканы одан әрі дамытудың маңыздылығы артып келеді.

Түйін сөздер: процесс; технология; техникалық-экономикалық оңтайландыру; центрифуга; модель; өндіріс; критерийлік теңдеулер.

M. Shayakhmetova¹, A. Kasenov², B. Lobasenko³, G. Abdilova¹, N. Ibragimov¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20A

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62

³Kemerovo State University,

650000, Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya Street, 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

APPLICATION OF THE LAGRANGE MULTIPLIER METHOD IN ORDER TO OPTIMIZE THE CENTRIFUGATION PROCESS

For the EAEU countries and, in particular, for the Republic of Kazakhstan, the use of waste-free processing of raw materials is extremely relevant. Such industries include medium and small meat processing plants. In the waste-free technology of meat products, the production of dry feed has a high nutritional value compared to other feed products. In the production of dry feed at large enterprises, continuously operating high-performance equipment is widely used to separate liquid heterogeneous systems.

However, for small and medium-sized enterprises, the development course of which is carried out in the republic, the same continuously operating equipment of low productivity is necessary. In this regard, the development of such equipment is a very urgent task. At the same time, numerous previous studies were mainly aimed at studying the technological and dynamic side of the centrifugation process of high-performance machines used in related industries, in particular, chemical, whereas such studies were not carried out for small and medium-sized machines. This is especially true for the meat industry, where the processes of centrifugation of liquid systems are insufficiently studied. This is due to the fact that meat products are a complex colloidal-dispersed system consisting of tightly adjacent moisture and dry residue, which has a high adsorption capacity. The qualitative and quantitative characteristics of centrifugation have not been fully studied. Insufficient attention was paid to the technological features of production along with the design features of the equipment. In this regard, the production of dry feed is in demand, since the latter have a high nutritional value superior to other feed products. In the production of dry animal feed, the centrifugation process is used to separate fat from flakes. The use of the centrifugation process in the separation of fat from the flakes ensures high quality of the resulting fat. Moreover, this quality is much higher than that of fat obtained in the processes of pressing and extraction of raw materials.

As a result, significant energy savings in small and medium-sized production with scaling to the entire meat processing industry contribute to improving the overall environmental situation. In this regard, the importance of further development of «green» energy is increasing.

Key words: process; technology; technical and economic optimization; centrifuge; model; production; criterion equations.

Сведения об авторах

Мадина Канатовна Шаяметова* – докторант образовательной программы 8D07101 «Технологические машины и оборудование»; Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств». Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина; Республика Казахстан; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленный дизайн», Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Мадина Канатовна Шаяхметова* – 8D07101 «Технологиялық машиналар және жабдықтар» білім беру бағдарламасының ізденушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Қасенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, «Өнеркәсіптік дизайн» кафедрасының профессоры, Кемерово мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының меңгерушісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Information about the authors

Madina Shayakmetova* – 8D07101 Co-applicant of the educational program «Technological Machines and Equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Amirzhan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of food and processing industries»; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Boris Lobasenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Industrial Design Department, Kemerovo State University, Russian Federation; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Galiya Abdilova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Technological Equipment», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Nadir Ibragimov – candidate of Technical Sciences, senior lecturer «Technological Equipment» Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

*Поступила в редакцию 03.12.2024
Поступила после доработки 19.12.2024
Принята к публикации 20.12.2024*

А.Р. Хажидинова*, О.А. Степанова, М.В. Ермоленко, А.Б. Касымов, Т.Н. Умыржан

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки, 20 А

*e-mail: khazhidinova1991@mail.ru

ЖОБАЛАНБАҒАН КӨМІРДІ ЖАҒУ КЕЗІНДЕ ҚАЗАНДЫҚ КЕҢІСТІГІНІҢ ЖҰМЫСЫН ТАЛДАУ

Бұл жұмыста қазандық агрегатының жағу кеңістігінде Қаражыра қимасының жобаланбаған көмірінің жану өнімдерінің температуралық өрістерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Жұмыстың мақсаты КВ-Т-116.3-150 қазандық қондырғысында Қаражыра жобаланбаған отынды жағу кезінде жану кеңістігінің жұмыс жағдайларын белгілеу, радиациялық қыздыру беттерінің қожының болмауын, қазандықтағы сенімді айналымды және жылуды минималды жоғалтуды анықтау болып табылады.

Жобаланбаған отынның жану өнімдерінің температурасын анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді, бұл газдардың изотермаларын құруға және қазандықтың жану камерасының жұмысына баға беруге мүмкіндік берді. Сондай-ақ жобаланбаған отын үлгілеріне зертханалық зерттеулер жүргізілді, оның сапалық құрамы анықталды. Жобаланбаған отынды жағу кезінде жылу шығыны анықталды. Ауыспалы жылу өнімділігі кезінде қазандық қондырғысының жұмыс тиімділігінің деректері алынды, қазандық қондырғысының оңтайлы жұмыс режимі орнатылды.

Жұмыстың тақырыбы қазіргі заманғы отындарды жағу кезінде қождану қарқындылығын және қыздыру беттерінің ластануын бақылау және азайту, зиянды шығарындылар деңгейін төмендету, қазандық қондырғыларының газ құбырларындағы жылу алмасу процестерін қарқындату қажеттілігіне байланысты ерекше қызығушылық тудырады.

Қазандық агрегатының жылу алмасу процестерін қарастыру үшін әртүрлі жылу өнімдеу кезінде жану кеңістігін пирометриялық әдіспен зерттеу әдіс қолданылды.

Түйін сөздер: жобаланбаған көмір, қазандық қондырғысы, жану кеңістігі, жану, изотермиялық өрістер.

Кіріспе

Бүгінгі таңда барлық түрдегі энергияны үнемдеу маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Энергияны тиімді өндіру мәселесі энергияны үнемдейтін технологияларды қолдануымен, тиімдірек жұмыс істейтін қазандықтарды жобалауымен, ескі өнеркәсіптік жабдықтарды жаңасына ауыстыру, когенерациялық және тригенерациялық заманауи қондырғыларды пайда болуымен шешімін табады [1, 2].

Энергия үнемдеу технологиялары белсенді дамып қолданылады. Бірақ жаңа дәстүрлі емес энергия үнемдеу әдістерінің көбі эксперимент ретінде қолданылады [3, 4, 5]. Жаңа технологияларды енгізудің басты мәселесі оларды іске асыруға қажетті жоғары шығындар болып табылады [6]. Сонымен қатар инновацияларды енгізу, оларды ынталандыру мен қаржыландырудың егжей-тегжейлі жүйесін құрастыру қажет етеді [7, 8]. Осыған орай ерекше көңіл қолданыста бар қазандық қондырғыларының тиімділігін арттыру мәселесіне бөлінеді. Бұл мақалада нақты жұмыс істейтін қазандық қондырғысының мысалында тиімділікті арттыру мәселелері қарастырылған.

Жұмыстың мақсаты KB-T-116.3-150 қазандық қондырғысында Қаражыра жобаланбаған отынды жағу кезінде жану кеңістігінің жұмыс жағдайларын белгілеу, радиациялық қыздыру беттерінің қожының болмауын, қазандықтағы сенімді айналымды және жылуды минималды жоғалтуды анықтау болып табылады.

Қазандық агрегатының жылу алмасу процестерін қарастыру үшін әртүрлі жылу өнімдеу кезінде жану кеңістігін пирометриялық зерттеу әдіс қолданылды. Қаражыра жобаланбаған отынның сапалық құрамын анықтау үшін зертханалық зерттеулер жүргізілді.

Қойылған мақсатқа жету үшін алау изотермасының графиктерін құру және талдау арқылы жану кеңістігіндегі жобаланбаған отын жану өнімдерінің алауының оңтайлы орнын анықтау қажет. Изотермалар кеңістіктің алдынала дайындалған схемасының нобайларына салынады. Алынған алау температурасының профильдеріне сүйене отырып, жобаланбаған отын алауының оңтайлы орналасуын бағалауға болады.

Зерттеу объектісіне сипаттама

KB-T-116.3-150 су жылыту қазандығы, номиналды жылу өнімділігі 116,3 МВт. Су жылыту қазандықтарының жұмыс кезінде СИ жүйеден тыс өлшем бірлігін Гкал/сағ пайдалану ыңғайлы, қазандықтың номиналды жылу өнімділігі 100 Гкал/ сағ құрайды.

Қазандық қондырғысының жану кеңістігі призмалық камера құрайтын дәнекерленген құбырлардан жасалған. Жану кеңістігінде көтерілетін жанармай өнімдері кезектесіп орналасқан су жылыту экрандары, конвективті жылыту бетінің змеевиктері арқылы өтіп, газдарды төмен түсіру құбырына жетеді. Жобаланбаған отынды жағу тиімділігін арттыру мақсатында қазандықтың ауа жылытқышында шығатын түтін газдарының жылуымен қыздырылған ауа от жағу кеңістігіне беріледі. Қоршаған ортаға жылу шығынын азайту үшін қазандық базальт төсеніштері мен шыны жүн түрінде жылу оқшаулағышпен қапталған [1, 9].

Оттық кеңістігінің алдыңғы қабырғасында екі оттық орнатылған, бүйірлерінде бір-бірден оттық орнатылған, оттың артқы жағында оттық жоқ. Жобаланбаған Қаражыра көмірдің жағу тиімділігін арттыру мақсатында отын шаң тәрізді күйге дейін ұнтақталады және ауамен араласады. Осылайша, жобаланбаған отынның аэроқоспасын жағу технологиясы қолданылады. Төрт оттықтың әрқайсысы үшін аэроқоспаны дайындау мен берудің жеке схемасы қарастырылған. Қаражыра көмірі балға диірмендерімен ұсақталады. Көмірдің ірі фракцияларын бөлу технологиясының үйлесімі және оларды диірменге қайта ұнтақтауға қайтару, қазандық ауа жылытқышында қыздырылған ауамен немесе қайта өңделетін түтін газдарының бір бөлігімен қарқынды кептіру аэроқоспаны дайындаудың жоғары сапасына қол жеткізуге ықпал етеді [1, 9].

Материалдар мен әдістер

Жобаланбаған отынға талдау Семей қаласының ЖЭО-1 мамандандырылған зертханасында жүргізілді. Алаудың орналасуы және жанып жатқан газдардың температурасы М67 оптикалық пирометрдің көмегімен анықталды. Қазандықтың жылу өнімділігі 50, 75, 80, 100 Гкал/сағ және тұрақты жұмыс режимі кезінде жұмыс істеп тұрғанда орындалды.

Алаудың изотермиялық өрістері белгілі өлшеу нүктелерінен қарастырылып 1:100 масштабтағы жану кеңістігінің суреттеріне салынды. Әрбір өлшеу нүктелерінде анықталған газдардың температуралық мәндері оттықтың жұмысын реттеу процесінде алаудың оңтайлы орналасуын реттеуге мүмкіндік береді. Жану өнімінің алауының оңтайлы орналасуын анықтау отынның жану процесін дұрыс ұйымдастыруға және отын бөлшектерінің қазандықтың келесі түтін құбырларына түсуін және жануын болдырмауға мүмкіндік береді [1].

Қазандық қондырғының жану кеңістігіндегі жобаланбаған отынның алау параметрлерін бақылау және реттеу басқару панеліндегі монитор экрандарында көрсетілген деректер негізінде жүзеге асырылады.

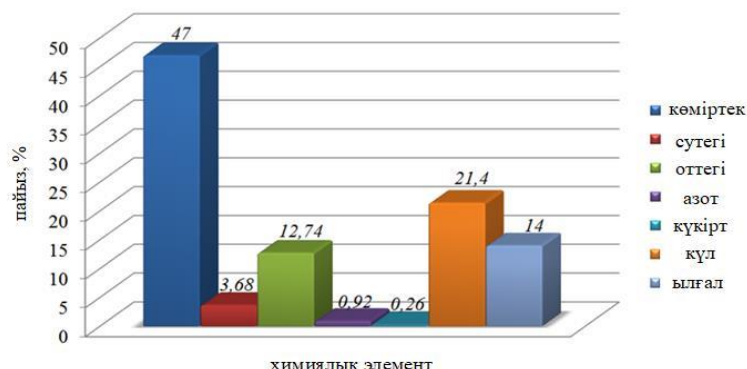
Нәтижелер және талқылау

Зертханалық зерттеулердің нәтижелері бойынша жобаланбаған отынның сапалық құрамы алынды (1 сурет). Жұмыс отынының төменгі калориялық құндылығы 5100 ккал/кг құрайды [10].

Жану камерасындағы жобаланбаған отынның жану өнімдерінің температурасын пирометриялық әдіспен анықтау нәтижелері бойынша кеңістігінің алдыңғы, оң және сол жақтары бойымен изотермиялық жалын өрістері салынды. 50, 75, 80÷100 Гкал/сағ жылу

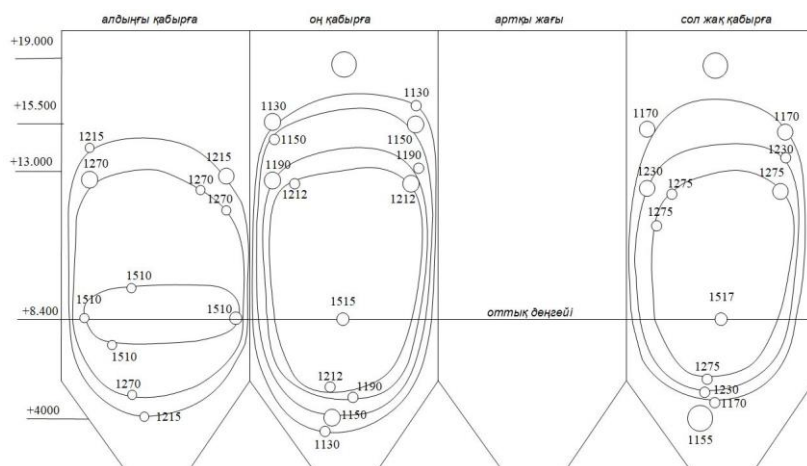
өнімділік кезінде жану өнімдерінің температуралық таралуының белгіленген сипаты 5, 6 және 7 суреттерде көрсетілген.

Минималды жылу өнімділік кезінде (2 сурет) жобаланбаған отынның жану өнімдері оттықтар аймағында және олардан алыстау кезінде біркелкі температуралық таралуы анық көрсетілген.



Сурет 1 – Қаражыра көмірінің сапалық құрамы

50 Гкал/сағ жылу өнімдеу кезінде оттық деңгейінде алдыңғы қабырға бойындағы газ температурасы 1510 °С, оң қабырға 1515 °С, сол жақ қабырға 1517 °С анықталды. Кеңістігітің алдыңғы қабырғасы бойындағы оттықтар деңгейінде жану өнімдерінің температурасында айырмашылық жоқ, оң және сол жақтары бойымен – 2 °С құрайды.



Сурет 2 – 50 Гкал/сағ жылу өнімдеу кезінде қазандық қондырғысының кеңістігітің изотермиялық өрістері

Қазандық қондырғының жүктемесінің жоғарылауы кеңістігітің алдыңғы қабырғасы бойымен оң жақ оттықтың алауының «тартылуына» әкеледі. Жылу шығарудың жоғарылауымен бұл құбылыс күшейеді. 75 Гкал/сағ жылу өнімдеу кезінде (3 сурет) оттық деңгейінде алдыңғы қабырға бойындағы оң жақ оттық деңгейінде 1452°С, сол жақ оттық деңгейінде 1440°С газ температурасы тіркелді, оң қабырға 1460°С, сол жақ қабырға 1465°С газ температурасы тіркелді. Кеңістігітің алдыңғы қабырғасы бойындағы оттықтар деңгейінде жану өнімдерінің температурасында айырмашылығы 12°С құрайды, оң және сол жақтары бойымен – 5°С құрайды.

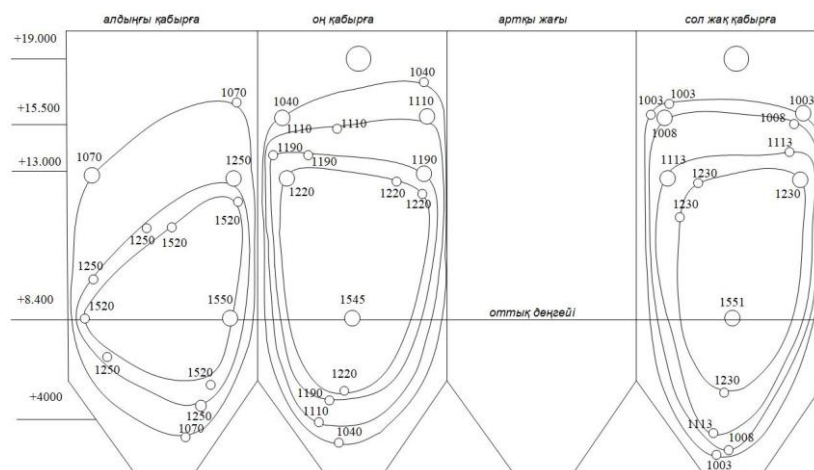
Қазандықтың жылу өнімділігі 80 Гкал/сағ жоғары болғанда (4 сурет) жану өнімдері арасындағы температура айырмашылығы ең жоғары мәнге жетеді. Оттық деңгейінде алдыңғы қабырға бойындағы оң жақ оттық деңгейінде 1550°С, сол жақ оттық деңгейінде 1520°С газ температурасы тіркелді, сонымен кеңістігітің алдыңғы қабырғасының бойындағы оттықтар деңгейіндегі жану өнімдерінің температурасының айырмашылығы 30°С-қа жетті. Оң қабырға 1460°С, сол жақ қабырға 1465°С газ температурасы тіркелді. Кеңістігітің алдыңғы қабырғасы бойындағы оттықтар деңгейінде жану өнімдерінің температурасында айырмашылығы 12°С құрайды, оң және сол жақтары бойымен – 5°С құрайды. Оң жақ қабырғадағы оттық деңгейінде

The drawing shows a plan view of a bridge with four arches. The arches are labeled from left to right: *алдыңғы қабырға* (front abutment), *оң қабырға* (right abutment), *артқы жағы* (back side), and *сол жақ қабырға* (left abutment). A horizontal line across the middle is labeled *оттың деңгейі* (water level). Elevation markers on the left indicate heights of +19.000, +15.500, +13.000, +8.400, and +4000. Numerous numerical points are plotted along the arches, such as 1170, 1207, 1440, 1452, 1130, 1135, 1200, 1140, 1145, 1160, 1186, 1460, 1465, 1250, 1186, 1160, 1145, and 1140. The drawing is a black and white line drawing with a grid-like structure.

Коғарыда келтірілген суреттерден қазандық қондырғысының ең аз жүктемесі кезінде ауа-отын кеңістігіне шығаратын оттықтар тұрақты жұмыс істейтіні анық. 50 Гкал/сағ қазандық өнімдеу кезінде жану өнімдерінің салынған изотермиялық өрістерді талдау бойынша кеңістігінің газ алауымен толық және біркелкі толтырылады.

Қазандықтың жылу өнімділігінің артуы оттықтың алдыңғы қабырғасында оң жақ оттықтың өнімдерінің алауының ұзаруы салдарынан температуралық қиғаш пайда болуымен қатар өніммен отын қоспасының дұрыс жеткізілмеуі мүмкін. Тиісінше, берілген жоғары қысымдылықтағы оттықтардың жұмысын реттеу қажет.

КВ-Т-116,3-150 қазандық агрегатының жану кеңістігінің оңтайлы жұмыс режимін анықтау экспериментальді емес Қаражыра көмірін жағу кезінде жылу шығыны және түрлі жылу өнімділігі және қазандықтың пайдалы әсер ету коэффициенті (тиімділігі) анықталды.



Қазандық қондырғысының пайдалы әсер ету коэффициенті (ПӘК) кері баланс әдісімен анықталады [1]:

Қазандық қондырғысының пайдалы әсер ету коэффициенті 50, 75 және 80 – нен жоғары жүктемелер кезінде сәйкесінше 82, 85 және 87% құрастырды.

Конвективный бөліктегі жобаланбаған жану өнімдерінің температурасын пирометриялық анықтау нәтижелері нормативтік әдістемелер бойынша теориялық есептелгендерге сәйкес келеді және кеңістігітен шыққанда 1100°C аспады.

Нәтижелерді талдау

Алынған мәліметтерді талдау бойынша жылу өнімдеу жоғарлауымен қазандықта жобаланбаған Қаражыра көмірін жағу кезінде қондырғысының ПӘК-і өседі.

Қазандықтың жылу өнімділігі 80 Гкал/сағ төмен болған кезде жану кеңістігінің барлық жағындағы оттықтардың деңгейінде жану өнімдерінің температурасының айырмашылығы 25°C-тан аспады. Жану өнімдерінің алауының өзегі кеңістігінің барлық қабырғаларынан бірдей қашықтықта орналасқан, бүкіл жану бөлігін толтырады және бүйір қабырғаларына тимейді, бұл жоғары температуралы қыздыру беттерінің қатты қождануын болдырмайды, алайда кеңістігіте оттықтар деңгейінде жанып тұрған газдардың температурасы ең төмен көрсеткіштерді құрайды. Түтін газдарды қайта өңдеу кезінде жобаланбаған отынның толық жануын қамтамасыз ету үшін жану температурасының жоғары болуына ұмтылу керек.

Оттық деңгейіндегі газдың максималды температурасы (1520÷1550°C) қазандық жүктемесі 80 Гкал/сағ кезінде тіркелді. 86,2% қазандықтың максималды тиімділігі де осы жылыту өнімдеуіне сәйкес келеді. Нәтижелер талдау бойынша осы жылу өнімдеу кезеңіндегі отынның химиялық және механикалық жануымен жылудың аз жоғалуы радиациялық қызу беттерді минималды қождануын қамтамасыз ете отырып, KB-T-116.3-150 қазандық қондырғысының жану кеңістігінің онтайлы жұмыс шарттары болып саналады.

Қорытынды

Жұмыс тақырыбына деген жоғары қызығушылық жобаланбаған отынды жағу кезінде қазандықтың жылыту беттерінің қожды және ластану қарқындылығын бақылау және азайту, түтін газдардарынан зиянды шығарындылар деңгейін төмендету, қазандық қондырғыларында жылу алмасу процестерін күшейту қажеттілігімен түсіндіріледі.

Жылу өнімдеу өзгерген жағдайда қазандықта жобаланбаған Қаражыра көмірін жағу кезінде қондырғысының ПӘК-і анықталды. Алынған мәліметтерді талдау бойынша қазандықтың жұмысын оңтайландыру бірқатар практикалық ұсыныстарды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, қазандық қондырғысын 80-нен Гкал/сағ жоғары қуатта пайдалану ұсынылады, өйткені жоғары жүктемелер жану кеңістігінің және бүкіл қондырғының оңтайлы жұмыс істеуі үшін қажетті жағдайлар жасайды. Қазандықтың жылу өнімдеу жоғары кезінде пайда болатын температуралық айырмашылық жану кеңістігіке ауа мен көмір қоспасының теңгерімді жеткізілуімен реттелу және түзетілу ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Хажидинова А.Р. Экспериментальное исследование и моделирование процессов теплообмена в элементах водогрейных котлов: дис. ... док. фил. (PhD): 6D072300 / Хажидинова Акбота Рыспековна; НАО «Унив. им. Шакарима г. Семей»; науч. рук. О.А. Степанова. – Семей, 2022. – 361 с.
2. Influence of contamination of low-temperature heating surfaces of boiler on the intensity of convective heat exchange during the burning of non-design fuel / A. Khazhidinova et al // Heat Transfer Research. – 2022. – Vol. 53, Issue 1. – P. 83-96. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2021040471>.
3. Бейлина Н.Ю. Опыт использования смесового сырья для получения коксов улучшенной структуры / Н.Ю. Бейлина, О.Ф. Глаголева // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2020. – № 5. – С. 6-10.
4. Кинжибекова А.К. Элементный состав биоугольных брикетов из растительных отходов сельского хозяйства и отходов промышленности / А.К. Кинжибекова, Л.В. Дмитриенко, А. Плевако // Вестник Торайгыров университет. Серия энергетическая. – 2024. – № 1. – С. 115-129. <https://doi.org/10.48081/MAJV7243>.
5. Co-firing of coal and biomass under pressurized oxy-fuel combustion mode: experimental test in a 10 kWth fluidized bed / Q. Liu et al // Chemical Engineering Journal. – 2022. – № 431 (Part 4). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133457>.

6. Алимгазин А.Ш. Применение блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан / А.Ш. Алимгазин, А.Н. Бергузинов // Вестник КазАТК. – 2021. – № 4(119). – С. 82-94. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2021-119-4-82-94>.
7. Кожабаев С. Модернизация угольной энергетики для снижения вредных выбросов / С. Кожабаев, И. Пискунов // Нефтегазовая вертикаль. – 2022. – №12. – С. 118-125.
8. Пискунов И. Основные перспективы переработки нефти, производства топлив и нетопливных нефтепродуктов в условиях перехода к низкоуглеродной энергетике / И. Пискунов, О. Глаголева // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2021. – № 7. – С. 5-20.
9. К вопросу эффективного сжигания непроектного топлива угля разреза Каражыра / А.Р. Хажидинова и др. // Вестник НЯЦ РК. – 2023. – № 2. – С. 58-65. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-2-58-65>.
10. Смирнов В.А. Технология обогащения угля: учебное пособие / В.А. Смирнов, П.В. Сергеев, В.С. Белецкий; Донецк: Восточный издательский дом, 2011. – 476 с.

References

1. KHazhidinova A.R. Ehkcperimental'noe iccledovanie i modelirowanie protseccov teploobmena v ehlementakh vodogreinykh kotlov: dic. ... dok. fil. (PhD): 6D072300 / Khazhidinova Akbota Ryspekovna; NAO «Univ. im. SHakarima g. Semel»; nauch. ruk. O.A. Stepanova. – Semei, 2022. – 361 c. (In Russian).
2. Influence of contamination of low-temperature heating surfaces of boiler on the intensity of convective heat exchange during the burning of non-design fuel / A. Khazhidinova et al // Heat Transfer Research. – 2022. – Vol. 53, Issue 1. – R. 83-96. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2021040471>. (In English).
3. Beilina N.YU. Opyt icpol'zovaniya smecevogo cyr'ya dlya polucheniya kokcov uluchshennoi ctkury / N.YU. Beilina, O.F. Glagoleva // Neftepererabotka i neftekhimiya. – 2020. – № 5. – С. 6-10. (In Russian).
4. Kinzhibekova A.K. Ehlementnyi coctav biougol'nykh briketov iz ractitel'nykh otkhodov cel'ckogo khozyaictva i otkhodov promyshlennosti / A.K. Kinzhibekova, L.V. Dmitrienko, A. Plevako // Vectnik Toraigyrov univercitet. Ceriya ehnergeticheskaya. – 2024. – № 1. – С. 115-129. <https://doi.org/10.48081/MAJV7243>. (In Russian).
5. Co-firing of coal and biomass under pressurized oxy-fuel combustion mode: experimental test in a 10 kWth fluidized bed / Q. Liu et al // Chemical Engineering Journal. – 2022. – № 431 (Part 4). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133457>. (In English).
6. Alimgazin A.SH. Primenenie blochno-modul'noi teplonacocnoi uctanovki dlya utilizatsii teploty cictem tekhnicheskogo vodocnabzheniya promyshlennykh predpriyatii Recpubliki Kazakhctan / A.SH. Alimgazin, A.N. Berguzinov // Vectnik KazATK. – 2021. – № 4(119). – С. 82-94. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2021-119-4-82-94>. (In Russian).
7. Kozhabaev C. Modernizatsiya ugo'l'noi ehnergetiki dlya cnizheniya vrednykh vybrocov / C. Kozhabaev, I. Pickunov // Neftgazovaya vertikal'. – 2022. – №12. – С. 118-125. (In Russian).
8. Pickunov I. Ocnovnye percpektivy pererabotki nefti, proizvodctva topliv i netoplivnykh nefteproduktov v ucloviyakh perekhoda k nizkouglерodnoi ehnergetike / I. Pickunov, O. Glagoleva // Neftepererabotka i neftekhimiya. – 2021. – № 7. – С. 5-20. (In Russian).
9. K voprocу ehffektivnogo czhiganiya neproektnogo topliva uglya razreza Karazhyra / A.R. KHazhidinova i dr. // Vectnik NYATS RK. – 2023. – № 2. – С. 58-65. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-2-58-65>. (In Russian).
10. Smirnov V.A. Tekhnologiya obogashcheniya uglya: uchebnoe pocobie / V.A. Smirnov, P.V. Cergeev, V.C. Beletskii; Donetsk: Voctochnyi izdatel'ckii dom, 2011. – 476 c. (In Russian).

А.Р. Хажидинова*, О.А. Степанова, М.В. Ермоленко, А.Б. Касымов, Т.Н. Умыржан
 Университет имени Шакарима города Семей,
 071412, Республика Казахстан, город Семей, ул. Глинки, 20 А
 *e-mail: khazhidinova1991@mail.ru

АНАЛИЗ ТОПОЧНОЙ СРЕДЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА В ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ НЕПРОЕКТНОГО УГЛЯ

В настоящей работе представлены результаты исследования температурных полей продуктов сгорания непроектного угля разреза Каражыра в топочном пространстве котельного агрегата. Целью работы является установление режимных условий эксплуатации топочной камеры котельного агрегата KB-T-116,3-150, обеспечивающих отсутствие шлакования радиационных поверхностей нагрева, надежную циркуляцию в котле и минимальные потери тепла при сжигании непроектного топлива.

Проведены экспериментальные исследования по определению температуры продуктов сгорания непроектного топлива, что позволило построить изотермы газов и дать оценку работе топочной камеры котла. Также проведены лабораторные исследования образцов непроектного топлива, определен его качественный состав. Определены потери тепла при сжигании непроектного топлива. Получены данные эффективности работы котельной установки при переменной теплопроизводительности, установлен оптимальный режим работы котельного агрегата.

Тематика данной работы вызывает особый интерес ввиду необходимости контроля и снижения интенсивности шлакования и загрязнения поверхностей нагрева, снижения уровня вредных выбросов, интенсификации процессов теплообмена в газоходах котельных установок при сжигании современных топлив.

Для рассмотрения процессов теплообмена в котле был использован метод пирометрического исследования топочного пространства при различной теплопроизводительности.

Ключевые слова: непроектный уголь, котельный агрегат, топочное пространство, горение, изотермические поля.

A. Khazhidinova*, O. Stepanova, M. Yermolenko, A. Kassymov, T. Umyrzhhan

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A
*e-mail: khazhidinova1991@mail.ru

ANALYSIS OF THE BURNING ENVIRONMENT OF A BOILER UNIT DURING THE COMBUSTION OF NON-DESIGN COAL

This paper presents the results of a study of the temperature fields of combustion products of non-design coal from the Karazhyra open pit in the combustion space of a boiler unit. The purpose of the work is to establish operating conditions for the combustion chamber of the KV-T-116.3-150 boiler unit, ensuring the absence of slagging of radiation heating surfaces, reliable circulation in the boiler and minimal heat loss when burning off-design fuel.

Experimental studies were carried out to determine the temperature of combustion products of non-design fuel, which made it possible to construct gas isotherms and evaluate the operation of the boiler combustion chamber. Laboratory tests were also carried out on samples of non-design fuel, and its qualitative composition was determined. Heat losses during combustion of non-design fuel have been determined. Data on the efficiency of the boiler installation with variable heating output were obtained, and the optimal operating mode of the boiler unit was established.

The subject of this work is of particular interest due to the need to control and reduce the intensity of slagging and contamination of heating surfaces, reduce the level of harmful emissions, and intensify heat exchange processes in the flues of boiler plants when burning modern fuels.

To examine the heat exchange processes in the boiler, the method of pyrometric study of the combustion space was used at different heat outputs.

Key words: non-design coal, boiler unit, combustion chamber, combustion, isothermal fields.

Авторлар туралы мәліметтер

Акбота Рыспековна Хажидинова* – PhD, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессорының м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: khazhidinova1991@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8802-1559>.

Ольга Александровна Степанова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедра меңгерушісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Михаил Вячеславович Ермоленко – техника ғылымдарының кандидаты, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Аскар Багдатович Касымов – PhD, «Физика және химия ғылымдары зерттеу мектебі» факультет деканы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>.

Темірлан Нұрланұлы Умыржан – «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының докторанты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы, e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Сведения об авторах

Акбота Рыспековна Хажидинова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: khazhidinova1991@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8802-1559>.

Ольга Александровна Степанова – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

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>.

Аскар Багдатович Касымов – PhD, декан факультета «Исследовательская школа физических и химических наук»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан, e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>.

Темірлан Нұрланұлы Умыржан – докторант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика» Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан, e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Information about the authors

Akbota Khazhidinova* – PhD, acting Associate Professor of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: khazhidinova1991@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8802-1559>.

Olga Stepanova – candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Technical physics and heat power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Mikhail Yermolenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of 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>.

Askar Kassymov – PhD, Dean of the Faculty «Research school of physical and chemical sciences», Shakarim University of Semey, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>.

Temirlan Umyrzhan – doctoral student, Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering», Shakarim University of Semey, 0 Republic of Kazakhstan; e-mail: timirlan-95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9111-1975>.

Редакцияға енуі 21.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 19.11.2024

Жариялауға қабылданды 20.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-38](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-38)

IRSTI: 62.15.77



A. Manulenko*, S. Elistratov², M. Ermolenko¹

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Novosibirsk State Technical University,
630073, Russia, Novosibirsk, K. Marx ave., 20
*e-mail: suvorov8214@gmail.com

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE REFRIGERATION UNIT IN THE HEATING AND COOLING MODE

Abstract: The article presents a study of a refrigeration unit operating in two modes – heating and cooling. The study is aimed at evaluating the effectiveness of the system for each mode.

In the process of efficiency analysis, heat flows passing through key components of the installation, such as a condenser and an evaporator, were taken into account.

The analytical dependences of the heat load on the evaporator and the compressor power, the refrigeration coefficient and the transformation coefficient relative to the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger are given, comparative cycles of a heat pump with an intermediate heat exchanger for steady-state cooling and heating modes were constructed, and their nodal points were analyzed.

The results showed differences in characteristics depending on the operating mode of the system, which made it possible to identify optimal conditions for increasing the overall efficiency of the installation.

The balance points for the heating and cooling mode were identified, where the thermal load on the evaporator is equalized with the compressor power.

Analytical dependences of the installation characteristics for both the cooling and heating modes were obtained.

The accuracy of the approximation of all the obtained lines was more than 0,95.

As a result of the conducted research, it was found that the refrigeration system works more efficiently in heating mode, and the optimal temperature of the coolant for cooling and heating modes was 5,5°C u 9°C respectively.

Key words: *thermodynamic analysis, heat pump, refrigeration unit, refrigerating agent, thermodynamic cycles.*

Introduction

Refrigeration systems with an intermediate coolant are used where high demands are placed on the safety of people, especially for operation in heating and cooling modes of premises. Therefore, the study of the efficiency of the equipment in variable modes is a primary task to identify weaknesses and determine the optimal operating parameters.

The thermodynamic processes in the cycle should be evaluated taking into account each thermodynamic process that makes up the cycle. Energy efficiency analysis is the main tool for the design and optimization of refrigeration systems and heat pumps. The main purpose of energy analysis is to determine the refrigeration coefficient, the transformation coefficient, the change in compressor power and the thermal load on the evaporator [1-5].

The study of such indicators as the refrigeration coefficient and the transformation coefficient allows you to analyze the real processes taking place in the system [6,7].

The study of energy efficiency makes it possible to identify ways to minimize thermodynamic losses, which leads to a reduction in operating costs. It also helps to reduce the environmental impact by reducing energy consumption and carbon dioxide emissions [8-10].

The purpose of the work was to study the efficiency of the refrigeration system in the cooling and heating mode.

Research methods

Research methods the research was carried out on an experimental refrigeration unit with an intermediate coolant operating in two modes: heating and cooling (Figure 1). The schematic diagram of the experimental installation is shown in Figure 2.



Figure 1 – Experimental setup

Propylene glycol was used as an intermediate coolant, and R134a was used as a refrigerating agent. The temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger varied in the

range from 8 °C to 15 °C in increments 1 °C. Plate heat exchanger (PHE) acts as an evaporator in the cooling mode, and as a condenser in the heating mode.

Based on the experimental data obtained, the parameters of the nodal points of the cycles were determined using CoolPack and Solkane 8 programs. The experimental results were processed on a PC using Excel. The calculation of the main characteristics of a single-stage vapor compression refrigeration system in heating and cooling mode was carried out according to generally accepted methods.

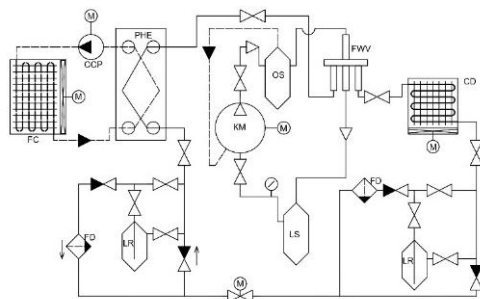


Figure 2 – Schematic diagram of an experimental installation

KM – compressor, CD – condenser, PT – plate heat exchanger, FC – fan coil, LR – linear receiver, LS – liquid separator, OS – oil separator, FD – filter dryer, CCP - central circulation pump, FWV – four-way valve, ECV – electronic control valve

Research results

As a result of the conducted research, the parameters of the nodal points in the cooling and heating mode are presented in Table 1, and the comparative cycles in P-h coordinates for the analysis of energy characteristics are shown in Figure 3.

Table 1 – Parameters of the nodal points

№	Cool			Heating		
	P, MPa	T, K	h, kJ/kg	P, MPa	T, K	h, kJ/kg
1	3,75	295	426,8	3,88	286,1	407,75
2	10,17	340,8	457,09	13,31	339,12	441,92
3	10,17	313	256,43	13,31	321,4	269,07
4	3,75	300	256,43	3,88	301	269,07

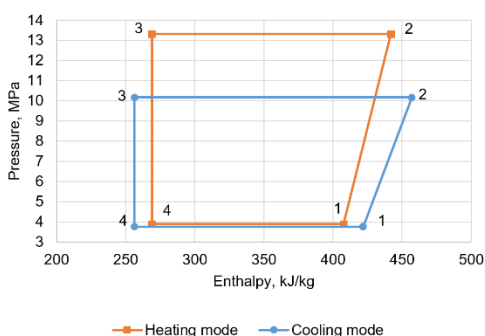


Figure 3 – Thermodynamic cycles in cooling and heating modes

On the basis of experimental data at different values of the coolant temperature, the dependences of the thermal load on the evaporator and the compressor power in cooling and heating modes were constructed, shown in Figures 4 and 5.

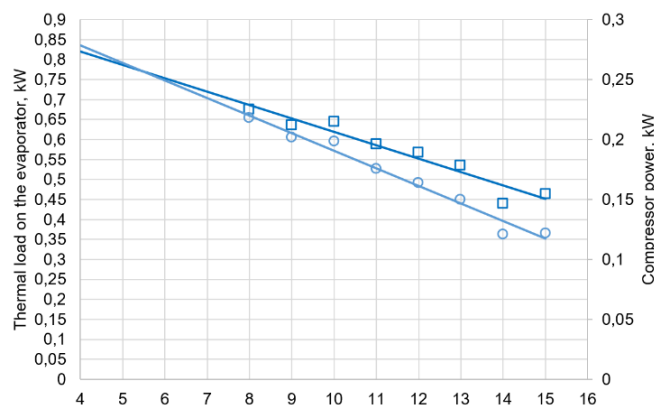


Figure 4 – The dependence of the thermal load on the evaporator and the compressor power on the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger for cooling mode

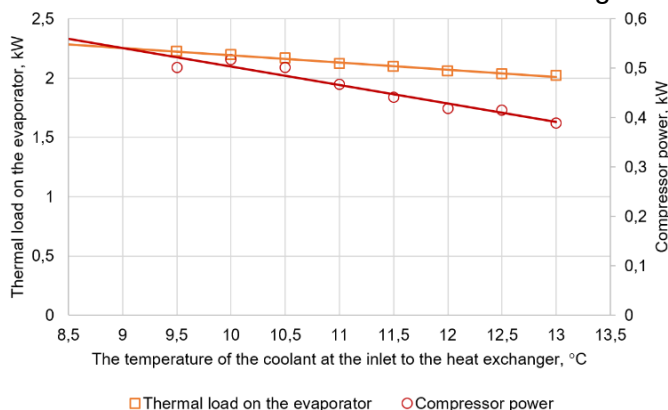


Figure 5 – The dependence of the thermal load on the evaporator and the compressor power on the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger for the heating mode

The refrigeration coefficient is an indicator that characterizes the efficiency of a refrigeration machine. It shows how efficiently the device uses electrical energy to transfer heat. The dependence of the refrigeration coefficient on the temperature of the coolant is shown in the Figure 6.

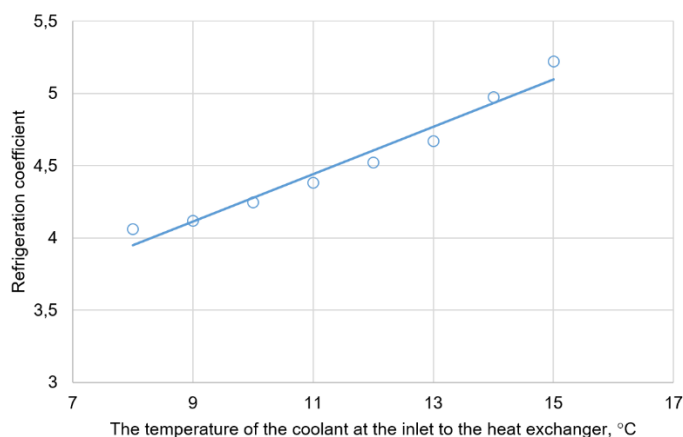


Figure 6 – The dependence of the refrigeration coefficient on the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger for the cooling mode

The transformation coefficient is an indicator of the energy efficiency of a heat pump, equal to the ratio of the useful heat given to the consumer to the energy spent on the operation of the heat pump. Figure 7 shows the dependence of the transformation coefficient on the temperature of the coolant at the outlet of the heat exchanger.

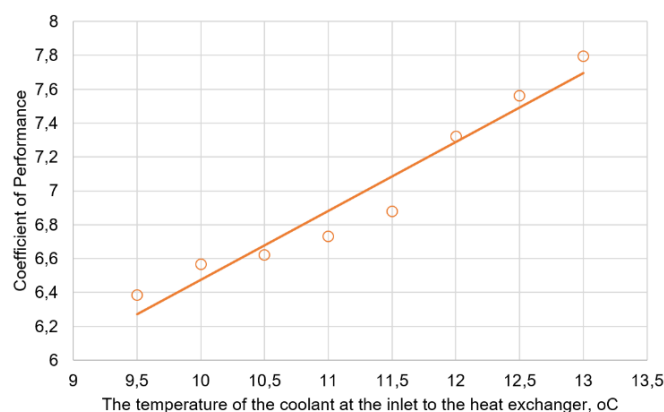


Figure 7 – Dependence of the transformation coefficient on the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger for the heating mode

Discussion of scientific results

At the same boiling point, there is a relationship between the shape and the area of the cycle, i.e. the operation of the cycle (Figure 3). For the heating mode, the cycle area is larger than for the cooling mode, which characterizes the large operation of the cycle in the heat pump mode.

From the analysis of the graph (Figure 4), taking into account the forecast of the nature of the change in indicators, it can be seen that the thermal load on the evaporator and compressor power increases with decreasing temperature. At the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger of 5,5 °C, the intersection of these dependencies is observed, which means the optimal ratio between the cooling capacity of the evaporator and the compressor power.

As a result of mathematical processing, analytical dependences in the cooling mode for the thermal load on the evaporator (1) and the compressor power (2) were obtained:

$$Q_0 = -0,0335t_{H1} + 0,9545 \quad (1)$$

$$N_{KM}^x = -0,0147t_{H1} + 0,3375 \quad (2)$$

By analyzing the dependence graph in Figure 5, taking into account the forecast, an increase in the thermal power of the condenser and the compressor power with a decrease in temperature is also observed. The intersection point of these dependencies corresponds to a temperature of 9 °C and this is a similar balance point for the heating mode, where the thermal load on the condenser is optimal with the compressor power.

As a result of mathematical processing, analytical dependences in the heating mode for the thermal load on the condenser (3) and the compressor power (4) were obtained:

$$Q_k = -0,0613t_{H1} + 2,8047 \quad (3)$$

$$N = -0,0375t_{H1} + 0,8784 \quad (4)$$

Figures 6 and 7 show that with increasing temperature, there is an increase in both the refrigeration coefficient and the transformation coefficient. At the same time, the refrigerating coefficient is in the range from 4,06 to 5,22, and the transformation coefficient is from 6,4 to 7,8.

As a result of mathematical processing, analytical dependences of the refrigerating coefficient and the transformation coefficient were obtained relative to the temperature of the coolant at the inlet to the heat exchanger for cooling (5) and heating (6):

$$COP^{cool} = 0,1644t_{H1} + 2,6334 \quad (5)$$

$$COP = 0,4065t_{H1} + 2,4094 \quad (6)$$

The accuracy of the approximation of all the obtained lines was over 0,95.

Conclusion

As a result of the conducted research, it was established:

- in the heating mode, the refrigeration system works more efficiently.
- the optimal temperature of the coolant for the cooling mode is 5,5 °C.

– the optimal temperature of the coolant for the heating mode is 9 °C.

References

1. Bertinat M.P. Fluids for high temperature heat pumps / M.P. Bertinat // International Journal of Refrigeration. – 1986. – № 9. – P. 43-50.
2. Alefeld G. Efficiency of compressor heat pumps and refrigerators derived from the second law of thermodynamics / G. Alefeld // International Journal of Refrigeration. – 1987. – № 10. – P. 331-341.
3. Gomri R. Hakimi, Second law analysis of double effect vapour absorption cooler system / R. Gomri, R. Hakimi // Energy Conversion and Management. – 2008. – № 49. – P. 3343-3348.
4. Aphornratana S. Thermodynamic analysis of absorption refrigeration cycles using the second law of thermodynamics method / S. Aphornratana, I.W. Eames // International Journal of Refrigeration. – 1995. – № 18. – P. 244-252.
5. Arsalis A. Thermo-economic modeling and exergy analysis of a decentralized liquefied natural gas-fueled combined-cooling–heating-and-power plant / A. Arsalis, A. Alexandrou // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2014. – № 21. – P. 198-222.
6. Li Y. Exergy-analysis based comparative study of absorption refrigeration and electric compression refrigeration in CCHP systems / Y. Li, R. Hu // Applied Thermal Engineering. – 2016. – № 93. – P. 1228-1237.
7. Teplovizionnye obsledovaniya // elektrolab.ru URL: elektrolab.ru/services/teplovizionnye-obsledovaniya (data obrashcheniya: 26.11.2024).
8. Sistemno-strukturnyj analiz ciklov holodil'nyh mashin i teplonasosnyh ustanovok // journals.uran.ua URL: journals.uran.ua/jme/article/view/57508 (data obrashcheniya: 26.11.2024).
9. Lazarenko O.O. Analiz i upravlenie energoeffektivnost'yu absorbcionnyh bromistolitievyyh holodil'nyh mashin na osnove ispol'zovaniya eksergicheskogo podhoda i imitacionnogo modelirovaniya / O.O. Lazarenko, L.V. Galimova // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. – 2014. – № 25. – S. 70-80.
10. Kara O. Hepbasli Exergetic assessment of direct-expansion solar-assisted heat pump systems: Review and modeling / O. Kara, K. Ulgen // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2008. – № 12. – P. 1383-1401.

А.И. Мануленко^{1*}, С.Л. Елистратов², М.В. Ермоленко¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А
²Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
*e-mail: suvorov8214@gmail.com

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В РЕЖИМЕ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ

В статье представлено исследование холодильной установки, работающей в двух режимах – нагрева и охлаждения. Исследование направлено на оценку эффективности работы системы для каждого режима.

В процессе анализа эффективности были учтены тепловые потоки, проходящие через ключевые компоненты установки, такие как конденсатор и испаритель.

Приведены аналитические зависимости тепловой нагрузки на испаритель и мощности компрессора, холодильного коэффициента и коэффициента трансформации относительно температуры теплоносителя на входе в теплообменник, были построены сравнительные циклы теплового насоса с промежуточным теплообменником для установившихся режимов охлаждения и нагрева, проводился анализ их узловых точек.

Результаты показали различия в характеристиках в зависимости от режима работы системы, что позволило выявить оптимальные условия для повышения общей эффективности установки.

Были выявлены балансные точки для режима нагрева и охлаждения, где тепловая нагрузка на испаритель уравнивается с мощностью компрессора.

Были получены аналитические зависимости характеристик установки как для режима охлаждения, так и для режима нагрева.

Величина достоверности аппроксимации всех полученных линий составила более 0,95.

В результате проведенных исследований было установлено, что холодильная система работает более эффективно в режиме нагрева, а оптимальная температура теплоносителя для режимов охлаждения и нагрева составила 5,5 °С и 9 °С соответственно.

Ключевые слова: термодинамический анализ, тепловой насос, холодильная установка, холодильный агент.

А.И. Мануленко^{1*}, С.Л. Елистратов², М.В. Ермоленко¹

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

²Новосібір мемлекеттік техникалық университеті,
630073, Ресей, Новосибирск қ., Маркс даңғылы, 20

*e-mail: suvorov8214@gmail.com

ЖЫЛЫТУ ЖӘНЕ САЛҚЫНДАТУ РЕЖИМІНДЕ ТОҢАЗЫТҚЫШ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

Мақалада екі режимде жұмыс істейтін тоңазытқыш қондырғысын зерттеу ұсынылған – жылыту және салқындату. Зерттеу әр режим үшін жүйенің тиімділігін бағалауға бағытталған.

Тиімділікті талдау процесінде конденсатор және буландырғыш сияқты қондырғының негізгі компоненттері арқылы өтетін жылу ағындары қарастырылды.

Буландырғышқа жылу жүктемесінің және компрессордың қуатының, салқындату коэффициентінің және жылу алмастырғыштың кіреберісіндегі жылу тасымалдағыштың температурасына қатысты трансформация коэффициентінің аналитикалық тәуелділігі келтірілген, салқындату мен жылытудың тұрақты режимдері үшін аралық жылу алмастырғышпен жылу сорғысының салыстырмалы циклдары салынды, олардың түйіндік нүктелеріне талдау жасалды.

Нәтижелер жүйенің жұмыс режиміне байланысты сипаттамалардағы айырмашылықтарды көрсетті, бұл орнатудың жалпы тиімділігін арттыру үшін оңтайлы жағдайларды анықтауға мүмкіндік берді.

Буландырғыштағы жылу жүктемесі компрессордың қуатымен теңестірілетін жылыту және салқындату режимінің баланстық нүктелері анықталды.

Салқындату режимі үшін де, қыздыру режимі үшін де қондырғының сипаттамаларына аналитикалық тәуелділіктер алынды.

Барлық алынған сызықтардың жуықтау сенімділігі 0,95-тен асады.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде Тоңазытқыш жүйесі қыздыру режимінде тиімдірек жұмыс істейтіні анықталды, ал салқындату және қыздыру режимдері үшін салқындатқыштың оңтайлы температурасы сәйкесінше 5,5 °С дана және 9 °С дана болды.

Түйін сөздер: термодинамикалық талдау, жылу сорғысы, тоңазытқыш қондырғысы, Тоңазытқыш агент.

Information about the authors

Anton Manulenko* – Master's student of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering, Shakarim University of Semey. Republic of Kazakhstan; e-mail: suvorov8214@gmail.com.

Sergey Elistratov – Holder of an advanced Doctorate in Engineering sciences, Professor of the Department of Thermal Power Plants, Novosibirsk State Technical University, Russia; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Mikhail Yermolenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering, Shakarim University of Semey. Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Сведения об авторах

Антон Иванович Мануленко* – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: suvorov8214@gmail.com.

Сергей Львович Елистратов – доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловые электрические станции», Новосибирский государственный технический университет, Россия; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

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>.

Авторлар туралы мәліметтер

Антон Иванович Мануленко* – «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының магистрант, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: suvorov8214@gmail.com.

Сергей Львович Елистратов – техникалық ғылымдарының докторы, «Жылу электр станциялары» кафедрасының профессоры, Новосібір мемлекеттік техникалық университеті, Ресей; e-mail: elistratov@corp.nstu.ru.

Михаил Вячеславович Ермоленко – техникалық ғылымдарының кандидаты, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Received 03.11.2024

Revised 10.12.2024

Accepted 11.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-39](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-39)



МРНТИ: 55.22.00

Ж.Б. Сагдолдина^{1,2}, М.В. Ермоленко², Д.Н. Нурғалиев², С.Д. Болатов¹, Б.А. Алибекова^{1*}

¹Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова,
070002, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, пр. Шакарима 148

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: balymalibekova304@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИКО-ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация: В настоящей работе рассматривается влияние параметров электрофрикционной обработки (ток, скорость обработки) на механико-трибологические свойства конструкционных сталей 65Г и 40Х. Электрофрикционная обработка основана на совместном оплавлении поверхностей электрода из чугуна и лезвия почвообрабатывающего инструмента, путем ввода энергии низковольтных электрических дуг и охлаждения водой. Результаты исследования показали, что при электрофрикционной обработке скорость перемещения образца относительно к вращающему электроду влияет на толщину обрабатываемого слоя. Высокоскоростная обработка формирует сравнительно невысокую глубину упрочнения и большие размеры переходной области (около 1 мм) с плавным снижением микротвердости. При обработке на низкой скорости в наплавленном слое возможно образование микротрещин. Электрофрикционная обработка стали 65Г при токе 300 А увеличивает микротвердость поверхностного слоя в три раза, а для стали 40Х в четыре раза, по сравнению с исходными значениями 297 HV_{0.1} и 238 HV_{0.1} соответственно. Интенсивность износа сталей 40Х и 65Г, упрочненных электрофрикционным способом при знаменаниях тока 100 А, 200 А и 300 А, в 2-3 раза меньше, чем неупрочненного сталей, что свидетельствует о значительной эффективности данного метода упрочнения при абразивном изнашивании.

Ключевые слова: электрофрикционная обработка, средне- и высокоуглеродистые стали, трибологическое испытание, микротвердость, абразивный износ.

Введение

В развитии сельскохозяйственного машиностроения придается исключительно важное значение созданию эффективных технологических процессов, способных повысить эксплуатационные характеристики рабочих органов почвообрабатывающих машин в условиях абразивного изнашивания. В настоящее время вопросы существенного повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин решаются главным образом наплавкой износостойких сплавов [1, 2]. Однако этот метод сопровождается нагревом

наплавляемого изделия, что приводит к термическим деформациям и снижению твердости материала. Наплавленный слой не обеспечивает самозатачивания лезвия инструмента в процессе эксплуатации и быстро изнашивается вследствие разрушения отпущенной основы изделия, при этом существующие методы продления срока службы рабочих органов сельскохозяйственной техники оказываются либо слишком затратными, либо не дают значительного увеличения их долговечности.

Метод наплавки широко применяется благодаря ряду преимуществ, таких как непрерывность процесса, точность для деталей разных размеров и возможность наплавки в любом положении. Авторы Yu J. и Zhang S. [3] изучили процесс индукционной наплавки сплавов и композиционных материалов, уделив особое внимание его механизмам, параметрам и используемым материалам. Их исследования показывают промышленное применение этого метода и его преимущества, такие как энергоэффективность, экологичность и регулируемая толщина покрытия. Кроме того, они рассмотрели проблемы и будущие разработки, подчеркнув необходимость использования специальных материалов и оптимизации процессов для различных промышленных применений. В статье [4] рассматриваются физико-механические свойства серого чугуна для использования в почвообрабатывающей сельскохозяйственной технике. В нем описаны методы дугового и электроискрового напыления для повышения износостойкости, а также термообработка для повышения твердости и стойкости к абразивному износу.

Современные технологии упрочнения материалов характеризуются мощными контактными воздействиями концентрированных потоков энергии на поверхность обрабатываемого материала (лазерная закалка, плазменная закалка) [5,6]. Электрофрикционная обработка, основанная на одновременном термическом и фрикционном воздействии на поверхностный слой обрабатываемой изделий, не уступает методам обработки концентрированными потоками энергии в эффективности и интенсивности упрочнения, представляется наиболее применимой для использования в условиях реального производства (крупное промышленное предприятия или ремонтная мастерская). Используемые в настоящее время способы упрочнения поверхностей деталей (термообработка, напыление, лазерная обработка и т.д.) требуют применения дорогостоящего оборудования, специальной предварительной обработки упрочняемых поверхностей, дорогостоящих расходных материалов. Важную роль при применении поверхностного упрочнения имеет использование ресурсосберегающих технологий, способствующих сокращению затрат ресурсов и энергии, повышению производительности труда. При этом актуальной задачей является поиск новых методов, которые сочетали возможность получения поверхности с упрочнением поверхностного слоя и значительным повышением его износостойкости. Этим условиям удовлетворяет – электрофрикционная обработка [7, 8].

Для управления процессами формирования качества упрочненной поверхности, необходимо знать основные кинематические и энергетические зависимости параметров режима электрофрикционной обработки (ЭФО) с характеристиками создаваемой структуры и физико-механическими свойствами образуемого поверхностного слоя. Цель данной работы – исследование влияния параметров электрофрикционной обработки на механико-трибологические свойства среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталей.

Материал и методы

Образцы для испытания изготавливали из сталей 40X (0,36% C; 0,8% Mn; 0,4% Si; 1,0% Cr; 0,3% Ni; 0,03% Cu; 0,035% S; 0,035% P; Fe – остальное) и 65Г (0,62% C; 0,9% Mn; 0,17% Si; 0,25% Ni; 0,25% Cr; 0,2% Cu; 0,035% S; 0,035% P; Fe – остальное). Размер образцов сталей 40X и 65Г составил 200×30×10 мм³. Предварительно поверхность образцов сталей были механически обработаны на шлифовальной бумаге с зернистостью P100.

Морфология поверхностного сечения образца была изучена с использованием сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA³ LMN. Для изучения морфологии поперечного сечения образца проведена механическая обработка (шлифовка и полировка). Для определения твердости сталей по методу Виккерса использовали микротвердомер Металаб 502. Испытание на абразивный износ проводили согласно стандартом ASTM G65. Перед испытанием образцы подвергались ультразвуковой очистке для удаления из них любых посторонних частиц. Цилиндрический резиновый ролик, прижатый радиальной

поверхностью к плоской поверхности исследуемого образца с усилием 44 Н, вращался с частотой 1 с^{-1} . Скорость поступления абразивных частиц между резиновым колесом и образцом, то есть в зону испытания составила 41-42 г/мин. В качестве абразивных частиц использовался электрокорунд зернистостью 200-250 мкм. Образцы тестировались в течение 10 мин. До и после испытания образцов на абразивный износ были проведены измерения массы на аналитических весах CRYSTAL 100 с точностью до 0,0001 г.

Результаты и обсуждение

Для изучения влияния скорости электрофрикционной обработки на микротвёрдость была выбрана среднеуглеродистая сталь 65Г (0,62% С; 0,9% Мн; 0,17% Si; 0,25% Ni; 0,25% Cr; 0,2% Cu; 0,035% S; 0,035% P; Fe – остальное). Сталь 65Г широко используется для изготовления почвообрабатывающих инструментов (стрельчатая лапа, лемех плуга, и т.д.).

На рисунке 1а показана схема движения обрабатываемой детали относительно вращающегося чугунного электрода. Движение обрабатываемой детали обеспечивалось с помощью шагового двигателя. При усилии прижатия в пределах 10 Н гашения электрического разряда не происходит, рисунок 1б. Для ограничения толщины оплавленного слоя и термического влияния на изделие в электрическую цепь последовательно с выпрямителем подключалось дополнительное балластное сопротивление.

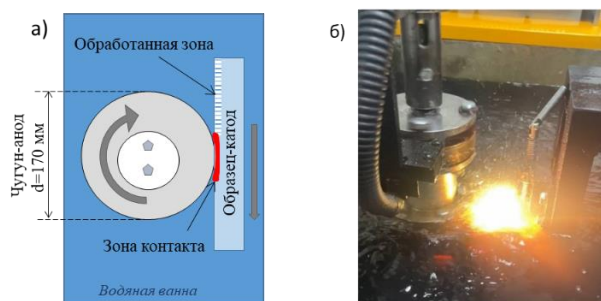


Рисунок 1 – Электрофрикционная обработка стальных изделий [9, 10]

а) схематический вид сверху; б) процесс электрофрикционной обработки

Высокая микротвёрдость, достигнутая в результате ЭФО, объясняется сверхвысокими скоростями нагрева и охлаждения, недостижимыми при традиционных методах термической обработки. В зависимости от скорости перемещение образца относительно к электроду толщина упрочненного слоя может варьироваться от 12 до 18 мм. Скоростные параметры ЭФО определяет длительность действия концентрированного потока энергии на локальный объем поверхности обрабатываемого материала. Высокоскоростная обработка (12 град/с; 202 об/мин) формирует сравнительно невысокую глубину упрочнения и большие размеры переходной области (около 1 мм) с плавным снижением микротвёрдости. ЭФО при малых скоростях увеличивает глубину упрочненного слоя. При режиме обработки с низкой скоростью перемещения 4 град/с отмечена возможность формирования микротрещин в наплавленном слое (рис. 2). Первопричиной появления трещин при поверхностной закалке является внутренние напряжения. Возникновению микротрещин способствует неравномерность охлаждения. Неоднородность охлаждения уменьшается при перемещении обрабатываемой детали с большей скоростью.

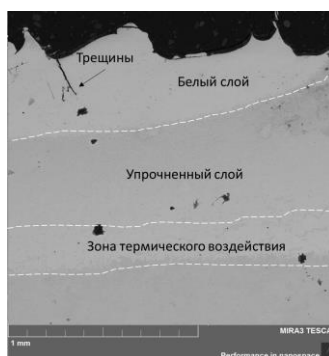


Рисунок 2 – Трещины в поверхностном слое стали 65Г при ЭФО со скоростью 4 град/с

Таким образом, результаты исследования показали, что при ЭФО скорость перемещения образца относительно к вращающему электроду влияет на толщину обрабатываемого слоя, а распределение значения микротвёрдости по глубине стали 65Г имеет одинаковый характер.

К основным электрическим параметрам ЭФО относятся напряжение и ток в рабочем контуре. Проведено исследование влияния параметров электрофрикционной обработки на механико-трибологические свойства среднеуглеродистых (сталь 40Х) и высокоуглеродистых сталей (сталь 65Г). Известно, что глубина упрочнения поверхностного слоя непрерывно возрастает с уменьшением скорости обработки, но максимальные прочностные свойства поверхностного достигается при определенном значении тока. Для обработки сталей 40Х и 65Г использовали среднюю скорость перемещения образца и вращения электрода, согласно результатом предыдущих работ. В таблице 1 указаны режимы для экспериментального исследования взаимосвязи параметров, упрочненного ЭФО поверхностного слоя, с механико-трибологическими свойствами образцов сталь 40Х и сталь 65Г.

Таблица 1 – Технологические режимы электрофрикционной обработки сталей 40Х и 65Г

Параметры электрофрикционной обработки	Значение		
Скорость вращения электрода, об/мин	160		
Скорость перемещения образца, град/с	8		
Сила тока, А	100	200	300
Напряжение, В	70	60	50

На рисунке 3 показаны результаты измерения микротвёрдости по сечению стали 65Г, обработанной при различных значениях тока электрофрикционной обработки. Как видно из представленных зависимостей, формирование слоя с максимальной твердостью и глубины упрочнения, происходит при достижении величины тока 300 А, соответствующей определенному количеству джоулеа тепла, необходимому для протекания фазовых превращений в объеме поверхности, что сопровождается увеличением микротвёрдости до величины около 920 HV_{0,1}.

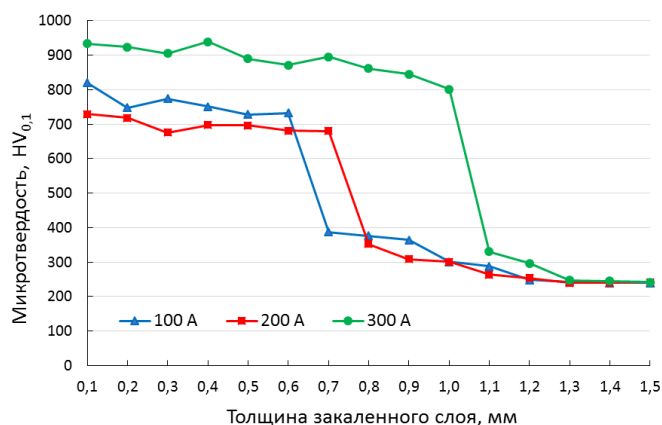


Рисунок 3 – Распределение микротвёрдости по сечению стали 65Г при различных значениях тока электрофрикционной обработки

При этом глубина упрочнения поверхностного слоя непрерывно возрастает с увеличением тока и уменьшением скорости обработки, то максимальная поверхностная микротвёрдость, а следовательно, и максимальные прочностные свойства поверхностного слоя достигаются лишь при определённом (для данной скорости обработки) значении тока, соответствующим предельным условиям теплового баланса для обрабатываемого материала (табл. 2). При электрофрикционной обработке используется ток силой 100-300 А, так как эта технология близка к сварочным процессам. Такой подход является рациональным с точки зрения энергосбережения и позволяет снизить потребление энергии.

Таблица 2 – Микротвёрдость поверхности сталей после электрофрикционной обработки при разных значениях тока

Образец	Сталь 65Г	Сталь 40Х
Исходный (до ЭФО)	297±14 HV0.1	238±17 HV0.1
ЭФО 100 А	689±48 HV0.1	931±21 HV0.1
ЭФО 200 А	769±52 HV0.1	1066±33 HV0.1
ЭФО 300 А	962±79 HV0.1	1203±45 HV0.1

Известно, что с повышением твердости материала износостойкость его возрастает; если же твердость близка к твердости абразивных частиц или превышает ее, износостойкость материала возрастает многократно. На рисунке 4 приведены результаты экспериментального изучения взаимосвязей характеристик износа от величины тока при электрофрикционной обработке сталей 40Х и 65Г. Испытания износостойкости сталей проводились согласно стандарту ГОСТ 23.208-79 «Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы». Интенсивность износа сталей 40Х и 65Г, упрочненных электрофрикционным способом, в 2-3 раза меньше, чем неупрочненного сталей, что свидетельствует о значительной эффективности данного метода упрочнения при абразивном изнашивании (рис. 4). Сравнения результатов абразивного изнашивания показали, что изменения тока при электрофрикционной обработке дает незначительное повышение износостойкости.

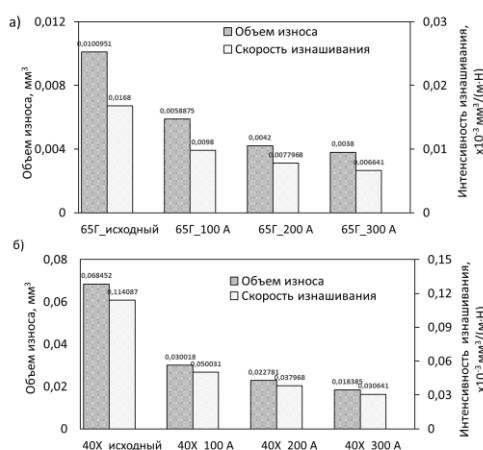


Рисунок 4 – Результаты испытания механико-трибологических свойств сталей при различных значениях тока электрофрикционной обработки
а) сталь 65Г; б) сталь 40Х

Заключение

Таким образом, на основе результатов исследования влияния параметров электрофрикционной обработки на механико-трибологические свойства среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталей, можно сделать следующие выводы:

- при ЭФО глубина упрочнения поверхностного слоя возрастает с уменьшением скорости обработки, то есть увеличивается количество подводимого в единицу времени тепла к локальному объему обрабатываемого материала. При обработке на низкой скорости в наплавленном слое возможно образование микротрещин;
- ЭФО стали 65Г при токе 300 А увеличивает микротвёрдость поверхностного слоя в три раза, а для стали 40Х в четыре раза, по сравнению с исходными значениями 297 HV_{0.1} и 238 HV_{0.1} соответственно;
- интенсивность износа сталей 40Х и 65Г, упрочненных электрофрикционным способом при значениях тока 100 А, 200 А и 300 А, в 2-3 раза меньше, чем неупрочненного сталей, что свидетельствует о значительной эффективности данного метода упрочнения при абразивном изнашивании. ЭФО незначительно влияет на износостойкость при сухом трении скольжения. Испытания показали, что при одинаковых значениях твёрдости их износостойкость может быть различной в зависимости от условий трения, при этом ЭФО оказывается наиболее эффективным в случае абразивного изнашивания.

Список литературы

1. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines / Á. Kalácska et al // Wear. – 2019. – V. 203107. – P. 442-443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203107>.
2. Singh J. Abrasive wear behavior of newly developed weld overlaid tillage tools in laboratory and in actual field conditions / J. Singh, S. Singh Chatha, B. Singh Sidhu, // Journal of Manufacturing Processes. – 2020. – V. 55. – P. 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.03.040>.
3. Yu J. Induction Cladding of Alloys and Metal-Matrix Composite Coatings: A Review / J. Yu, S. Zhang // Heliyon. – 2024. – V. 10(19). – P. e38866. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38866>.
4. Sankina O.V. Usage of Gray Cast Iron for Hardening of Agricultural Machines' Soil-Tilling Implement / O.V. Sankina, A.S. Sankin, A.A. Logov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 582. – P. 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/582/1/012017>.
5. Effect of Filler Wire Composition on Weld Metal Microstructure and Mechanical Properties in X80 Steel Laser Welds / H. Yang et al // Materials. – 2024. – V. 17. – P. 5235. <https://doi.org/10.3390/ma17215235>.
6. Gulyarenko A. The Method of Calculating Ploughshares Durability in Agricultural Machines Verified on Plasma-Hardened Parts / A. Gulyarenko, M. Bembenek // Agriculture. – 2022. – V. 12. – P. 841. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060841>.
7. Investigation of the hardness of 65G steel after electrofriction treatment / Y.N. Tyurin et al // Bulletin of EKTU. – 2023. – V. 3. – P. 99-106. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_3_99.
8. Wear and corrosion resistance of laser surfacehardened structural steel / D.I. Pantelis et al // Surface and Coatings Technology – 2002. – V. 161. – P. 125-134. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(02\)00495-4](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(02)00495-4).
9. Electrofrictional Hardening of the 40Kh and 65G Steels / Z. Sagdoldina et al // Coatings. – 2023. – V. 13. – P. 1820. <https://doi.org/10.3390/coatings13111820>.
10. Increasing Wear Resistance of Ploughshare by Electrofriction Treatment / Zh. Sagdoldina et al // Coatings. – 2024. – V. 14. – P. 1529. <https://doi.org/10.3390/coatings14121529>.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR24992876).

Ж.Б. Сағдолдина¹, М.В. Ермоленко², Д.Н. Нұрғалиев², С.Д. Болатов¹, Б.Ә. Әлібекова^{1*}

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университеті,
070002, Қазақстан, Өскемен, Шәкәрім к-сі 148

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан, Семей қаласы, Глинка даңғылы, 20А
*e-mail: balymalibekova304@gmail.com

ЗЕРТТЕУ ЭЛЕКТРОФРИКЦИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ БОЛАТТАРДЫҢ МЕХАНИКА-ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл жұмыста электрофрикциялық өңдеудің параметрлерінің (ағым, өңдеу жылдамдығы) 65Г және 40Х конструкциялық болаттарының механико-трибологиялық қасиеттеріне әсері қарастырылады. Электрофрикциялық өңдеу темір бетонды электродтың беті мен жер өңдеу құралының беттерін бір уақытта балқытуға негізделген, ол төмен вольтты электр доғаларының энергиясын енгізу және судың көмегімен салқындату арқылы жүзеге асырылады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, электрофрикциялық өңдеу кезінде үлгінің айналмалы электродқа қатысты жылжуы өңделетін қабаттың қалыңдығына әсер етеді. Жоғары жылдамдықпен өңдеу салыстырмалы түрде тереңдігі аз қатаюды қалыптастырып, өтпелі аймақтың үлкен өлшемдерін (шамамен 1 мм) және микроқаттылықтың бірқалыпты төмендеуін қамтамасыз етеді. Төмен жылдамдықпен өңдеуде қабатқа микросынықтардың пайда болуы мүмкін. 65Г болатын электрофрикциялық өңдеу кезінде 300 А ток күші беткі қабаттың микроқаттылығын үш есе арттырады, ал 40Х болатында бұл көрсеткіш төрт есе жоғарылайды, бастапқы мәндермен салыстырғанда (297 HV_{0.1} және 238 HV_{0.1}). 100 А, 200 А және 300 А ток күшімен электрофрикциялық әдіспен қатайтылған 40Х және 65Г болаттарының тозу қарқыны қатайтылмаған болаттармен салыстырғанда 2-3 есе аз, бұл осы әдістің абразивті тозуға қарсы тиімділігін айқындайды.

Түйін сөздер: электрофрикциялық өңдеу, орташа және жоғары көміртекті болаттар, трибологиялық сынақ, микроқаттылық, абразивті тозу.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ELECTROFRICTIONAL TREATMENT PARAMETERS ON THE MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF STRUCTURAL STEELS

This work examines the influence of parameters of electrofrictional processing (current, processing speed) on the mechanical-tribological properties of construction steels 65G and 40Kh. Electrofrictional processing is based on the simultaneous melting of the surfaces of a cast iron electrode and a soil-processing tool blade, achieved by introducing energy through low-voltage electric arcs and cooling with water. The results of the study showed that during electrofrictional processing, the speed of sample movement relative to the rotating electrode affects the thickness of the processed layer.

High-speed processing forms a relatively shallow hardening depth and large dimensions of the transition zone (about 1 mm) with a smooth decrease in microhardness. Low-speed processing can result in the formation of microcracks in the deposited layer. Electrofrictional processing of 65G steel with a current of 300 A increases the microhardness of the surface layer three times, while for 40Kh steel, it increases four times, compared to the initial values of 297 HV_{0.1} and 238 HV_{0.1}, respectively. The wear intensity of 40Kh and 65G steels, hardened by electrofrictional processing with current values of 100 A, 200 A, and 300 A, is 2-3 times lower than that of non-hardened steels, indicating the significant effectiveness of this hardening method in abrasive wear.

Key words: electrofrictional treatment, medium- and high-carbon steels, tribological testing, microhardness, abrasive wear.

Сведения об авторах

Жулдыз Болатқызы Сағдолдина – PhD, ассоциированный профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Михаил Вячеславович Ермоленко – кандидат технических наук, и.о. ассоциированного профессора 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>.

Данияр Нуржанович Нұрғалиев – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика» Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

Санжар Дауренұлы Болатов – младший научный сотрудник научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Балым Алибековна Алибекова* – инженер научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина – PhD, қауымдастырылған профессор, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ғылыми-зерттеу орталығының аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Михаил Вячеславович Ермоленко – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Техникалық физика және жылуэнергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры м.а., Өскемен, Қазақстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Данияр Нұржанович Нұрғалиев – Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Техникалық физика және жылуэнергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей, Қазақстан; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

Санжар Дәуренұлы Болатов – Сарсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» F3O кіші ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Балым Әлібекқызы Әлібекова* – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО инженері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: balmalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Information about the authors

Zhuldyz Bolatkizy Sagdoldina – PhD, Associate Professor, senior Researcher at the Research Center for «Surface Engineering and Tribology» of the East Kazakhstan University named after Sarsen Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko – candidate of Technical Sciences, acting associate professor of the department «Technical physics and heat power engineering» Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Daniyar Nurzhanovich Nurgaliev – master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of «Technical Physics and Heat Power Engineering» Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan; e-mail: daniarsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1650-1077>.

Sanzhar Daurenuly Bolatov – junior researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Balym Alibekovna Alibekova* – engineer of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: balmalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Поступила в редакцию 08.12.2024
Поступила после доработки 10.12.2024
Принята к публикации 12.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-40](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-40)



МРНТИ: 55.22.00

Д.Н. Какимжанов*, М.К. Даутбеков, Е.С. Турабеков, Р.М. Куанышбай, А.С. Рустемов
TOO PlasmaScience,
070018, Казахстан, г.Усть-Каменогорск, ул.Гоголя 7Г
*e-mail: dauir_97@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАССТОЯНИИ ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Cr_3C_2 -NiCr

Аннотация: Одним из наиболее перспективных методов повышения эксплуатационных свойств и увеличения срока службы изделий является нанесение функциональных покрытий с использованием различных технологий напыления. Учитывая высокую стойкость к износу и коррозии металлокерамической композиции Cr_3C_2 -NiCr, такие покрытия начали активно использовать для защиты стальных элементов в горячих частях котлов, предназначенных для сжигания отходов, а также в электрических печах и оборудовании, работающем на природном газе. В этом исследовании рассматривается влияние расстояния при импульсно-плазменной обработке на структурные характеристики поверхностного слоя детонационных покрытий Cr_3C_2 -NiCr. Мы изучаем процесс, включающий нанесение таких покрытий с применением детонационного устройства, а затем их обработку импульсно-плазменным методом. Результаты показывают, что после такой обработки происходит плавление и выравнивание структурных компонентов покрытий, не приводящее к их разрушению от воздействия плазменных импульсов. Микроструктура покрытий представляет собой расплавленный металлокерамический материал на основе Cr_3C_2 -NiCr. После импульсно-плазменной обработки на поверхности обнаружены фазы оксида хрома Cr_2O_3 , увеличивается интенсивность пиков Cr_3C_2 и появляются новые рефлексы Cr_3C_2 , что свидетельствует об увеличении содержания фазы Cr_3C_2 . Также замечено, что после этой обработки микроструктура становится более однородной, что приводит к уплотнению детонационного покрытия на основе Cr_3C_2 -NiCr.

Ключевые слова: *Металлокерамические покрытия, детонационное напыление, импульсно-плазменная обработка, твердость, износостойкость, фаза, трибология.*

Введение

Актуальной задачей является повышение надежности и долговечности изделий, эксплуатационные характеристики которых определяются свойствами их рабочих поверхностей. Один из наиболее перспективных способов улучшения эксплуатационных свойств и повышения долговечности изделий – нанесение на их поверхности функциональных покрытий с применением различных технологий напыления. С учетом относительно высокой стойкости к износу и коррозии металлокерамической композиции $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$, данные покрытия начали широко применяться для нанесения износ-коррозионностойких покрытий на стальные элементы в горячей части котлов для сжигания отходов, а также в электрических печах и оборудовании, работающем на природном газе [1, 2].

Эти металлокерамические покрытия наносят с помощью разных способов газотермического напыления, таких как плазменное напыление, метод детонационного напыления, а также высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF, HVAF) [3-6].

Несмотря на высокое качество покрытий $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$, нанесенные методами HVOF и HVAF, данные процессы имеют определённые недостатки. Более низкие температуры процесса и более высокая скорость частиц создают еще один тип изменения химического состава, так как карбидные зерна склонны к отскоку при ударе, снижая содержание карбида в покрытии [4]. В работах [4, 5] также установлено, что потеря углерода и поглощение кислорода происходят в значительной степени в обоих процессах, так как водяной пар, образующийся при сжигании углеводородного топлива, действует как сильный окислитель [6]. Плазменный способ обеспечивает нагрев частиц до более высоких температур, чем детонационный. Ограничения о температуре при детонационном способе нанесения покрытий компенсируются более высокой кинетической энергией частиц, что позволяет наносить и тугоплавкие материалы.

В работе [9] было исследовано коррозионное поведение покрытий Ni20Cr , полученных с методами детонационного напыления (ДН), высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF) и холодного напыления. Сравнительный анализ трех различных покрытий показал, что детонационное напыление оказалась лучше с точки зрения защиты от горячего коррозионного разрушения. Это может быть связано с развитием защитной фазы Cr_2O_3 наряду с NiCr_2O_4 . Кроме того, покрытие, полученное методом ДН более плотное по сравнению с холодным напылением и HVOF. В работе [10] было обнаружено, что покрытие $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$, полученное методом ДН значительно уменьшает скорость эрозионно-коррозионных процессов и окисления, по сравнению с покрытиями, полученными методом HVOF.

Повышение качественных характеристик газотермических покрытий может быть достигнуто внешним высокоэнергичным воздействием [11]. Наиболее эффективная технология – это комплексная импульсно-плазменная обработка (ИПО), включающая модифицирование поверхности: магнитным полем, электрическим током (поток заряженных элементарных частиц), высоко градиентной тепловой струей (плазмой), содержащей металлические и неметаллические легирующие элементы [8, 12].

С учетом изложенного выше критерием оптимизации импульсно-плазменной обработки покрытий $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ выбрана максимальная степень их оплавления и уплотнения, что достигается варированием дистанции воздействия [13]. Вместе с тем уменьшение дистанции ограничивается появлением признаков разрушения покрытий (например, развиваются трещины).

Целью настоящей работы является изучение влияния дистанции импульсно-плазменной обработки на структуру и свойство детонационных покрытий на основе $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$.

Материал и методы

В качестве напыляемого материала использовали порошок $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ (75/25) (фирмы H.C. Starck: AMPERIT® 584.054) с дисперсностью 10-45 мкм. Покрытия наносили на образцы из стали 12X1МФ методом детонационного напыления (DS) на многокамерной детонационной

установке [14]. Для создания высоких параметров (давление, скорость) продуктов сгорания использовали многокамерную конструкцию устройства, в котором реализуется режим детонационного горения газовой смеси в специально спрофилированных камерах и последующее аккумулирование энергии сгорания от этих камер в цилиндрическом стволе [14]. Устройство обеспечивает образование струи продуктов сгорания для ускорения и нагрева напыляемый порошок и нанесения высококачественных металлических и керамических покрытий [14, 15].

На рисунке 1 показан общий вид многокамерного детонационного устройства [14], которое было разработано в Институте электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины. Устройство имеет три камеры: 1 – форкамера для инициирования процесса детонации; 2 – основная цилиндрическая камера, где происходит развитие детонационного режима сгорания; 3 – кольцевая полусферическая камера со щелевым выходом в коноидную камеру, соосную со стволом. Ускорение и нагрев дозы порошка осуществляется в цилиндрическом стволе – 4. Дозирование и подача порошка осуществляется через кольцевую щель 5. Инициирование детонации осуществляется автомобильной свечой – 6. Замеры давления и скорости продуктов сгорания осуществляется датчиками давления 7 и 8, установленными на концах ствола. В полусферической камере реализуется режим детонации в угловых концентраторах, что существенно повышает скорость и полноту сгорания компонентов горючей смеси. Продукты сгорания из камер аккумулируются и обеспечивают их высокое давление и температуру. В конечном итоге это реализуется в высокую скорость и достаточно высокую температуру, обеспечивающую возможность напыления керамических покрытий [16].

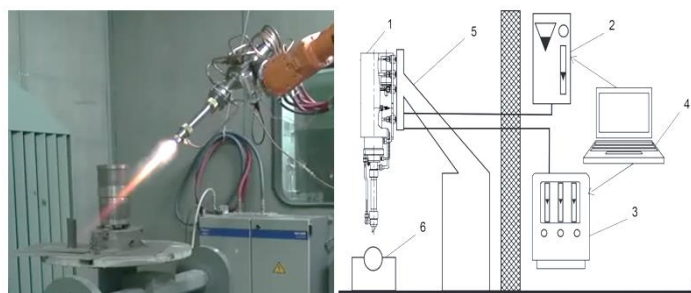


Рисунок 1 – Схема детонационного устройства

1 – форкамера; 2 – цилиндрическая камера; 3 – кольцевая полусферическая камера; 4 – ствол;
5 – кольцевая щель; 6 – свеча для иницирования детонации; 7, 8 – датчики давления

Таблица 1 – Расход компонентов горючей смеси детонационного устройства

Компоненты смеси		Расход, м ³ /час
1 камера	O ₂	2,92
	воздух	1,33
	C ₃ H ₈	0,66
2 камера	O ₂	2,93
	воздух	1,43
	C ₃ H ₈	0,66
Транспортирующий газ:		0,9

Для модифицирования детонационного покрытия на поверхности изделия была применена импульсно-плазменная обработка (ИПО) [16]. Формирование высокоэнергетических импульсов осуществляется в плазматроне путем реализации в нем нестационарных детонационных режимов горения горючих газовых смесей (C₃H₈ и O₂) между двумя коаксиальными электродами. Энергетические параметры продуктов нестационарного детонационного горения (импульсной плазменной струи) определяли решением двумерной нестационарной задачи распространения детонационной волны (ДВ) в электрическом поле между двумя коаксиальными электродами плазматрона. На рисунке рисунке 2б импульсный плазматрон, который состоит из детонационной камеры 1, где осуществляется формирование горючей газовой смеси и иницирование детонационного ее сгорания. Плазматрон имеет центральный электрод – анод 3, конический электрод – катод 4, испаряемый электрод – 5.

Электроды включены в электрическую цепь к специальному источнику питания – 2, sample – 7

При инициировании детонации продукты сгорания поступают из детонационной камеры в межэлектродный зазор – 4 и замыкают электрическую цепь. Стационарное детонационное сгорание горючих газов переходит в нестационарное, которое получает дополнительную энергию через электропроводный слой продуктов сгорания – 7. При выбросе плазменной струи – 8 из плазматрона, она замыкает электрическую цепь между электродом – анодом и поверхностью изделия – катодом – 9. В результате прохождения по этой струе электрического тока, плазма дополнительно нагревается за счет Джоулева тепловыделения. Расходуемый электрод – 5 обеспечивает ввод в плазменную струю легирующих элементов. При напряженности электрического поля между электродами 3.5×10^5 В/м скорость плазмы на выходе из плазматрона достигает 4 км/с, а температура 12000 К. В момент взаимодействия плазменного импульса с поверхностью изделия – 6 в зоне контакта образуется область ударно-сжатого плазменного слоя.

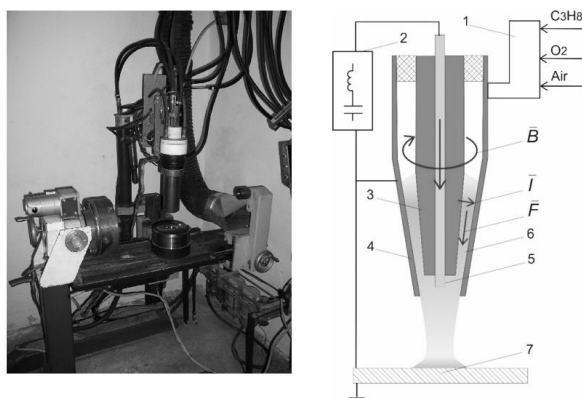


Рисунок 2 – Схема импульсно-плазменного устройства

1 – детонационная камера, 2 – источник питания, 3, 4 – коаксиальные электроды, 5 – эродированный электрод, 6 – плазма, 7 – образец

Параметры импульсно-плазменной обработки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры ИПО

Параметр	Величина
Напряжение на конденсаторной батарее (В)	3200
Емкость конденсаторной батареи (мкФ)	960
Индуктивность разрядного контура (мкГн)	30
Частота плазменных импульсов (Гц)	1.2
Скорость перемещения (мм/сек)	3,4
Дистанция до образца (мм)	40, 50, 60, 70

Фазовый состав покрытий ДН и ДН/ИПО изучали с использованием метода рентгеноструктурного анализ на рентгеновском дифрактометре X'PertPRO с Cu-K α -излучением ($\lambda = 2,2897$ Å), напряжение 40 кВ и ток 30 мА. Расшифровку дифрактограмм проводили с помощью программы HighScore, измерения проводились в диапазоне 2θ , равном 20° - 90° , с шагом 0,02 и временем счета 0,5 с/шаг. Микроснимки поверхности покрытия получили с помощью металлографического микроскопа (модель Altamі MET 5S, ООО «Альтами». Шероховатость поверхности покрытий R_a оценивалась с помощью профилометра модели 130.

Твердость поперечного сечения образцов измеряли методом наноиндентирования на нанотвердомере НаноСкан-4D в соответствии с ГОСТ Р8.748-2011, с использованием индентора Берковича воспроизводили 15 уколов при нагрузке 100 мН.

Трибологические испытания на трение скольжения проводили на трибометре TRB³ с использованием стандартной методики «шар-диск» (международные стандарты ASTM G 133-95 и ASTM G99), где в качестве контртела использовали шарик диаметром 6,0 мм, из стали с покрытием SiC, при нагрузке 6 Н и линейной скорости 15 см/сек, радиусом кривизны износа 5

мм, пути трения 1200м.

Результаты и обсуждение

Фазовый состав покрытий изучали с использованием метода рентгеноструктурного анализ на рентгеновском дифрактометре X'PertPRO. На рисунке 3 представлены дифрактограммы поверхности покрытия до и после импульсно-плазменной обработки. В покрытиях до импульсно-плазменной обработки обнаружены следующие фазовые составляющие: NiCr, Cr₃C₂ и Cr₇C₃ фазы (рис. 3). После ИПО на поверхности обнаружены фазы оксида хрома Cr₂O₃ (рис. 3). При этом, после ИПО на рентгенограмме наблюдается рост интенсивности пиков карбида хрома Cr₃C₂ кроме того, на дифрактограмме выявлены многочисленные новые рефлексy, относящиеся к этой фазе, причиной которому является кратковременная активизация поверхности покрытия из за импульсной плазмы, где плазма содержащая активный углерод и кислород обуславливает протекания двух взаимоисключающих химико термических процессов окисления и карбюризации. Сочетание твердых фаз оксида и карбида хрома в упрочненной металлической матрице существенно повышает стойкость полученного материала в условиях абразивного износа. Большой рост интенсивности пиков карбида хрома Cr₃C₂ и Cr₂O₃ наблюдается при дистанции 40мм. А уже при дистанции 70 мм видно уменьшение интенсивности пиков Cr₃C₂ и Cr₂O₃.

Методом наноиндентирования определяли твердость детонационных покрытий Cr₃C₂-NiCr до и после импульсно-плазменной обработки. Результаты измерения твердости показаны на рисунке 4. Твердость покрытий после импульсно-плазменной обработки имеет высокое значение по сравнению с исходным покрытием. Величина твердости зависит от расстояния обработки. Высокая твердость наблюдается после импульсно-плазменной обработки на расстоянии 40 мм (~17,6 GPa), а по мере отдаления плазматрона от обрабатываемой поверхности твердость снижается. Это может быть связано со степенью локализованного плавления материала, которая зависит от расстояния воздействия импульсной плазмы.

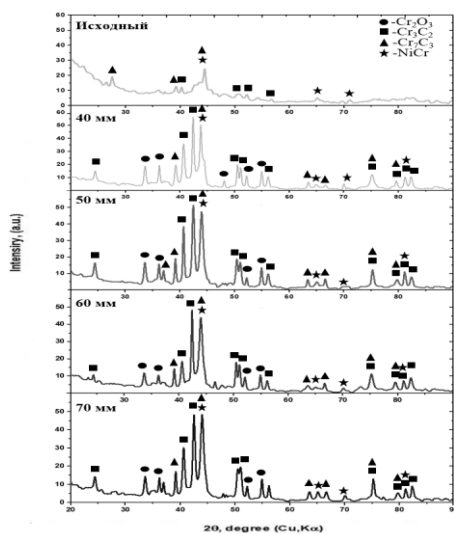


Рисунок 3 – Рентгенограммы поверхности материала покрытия Cr₃C₂-NiCr до и после импульсно-плазменной обработки

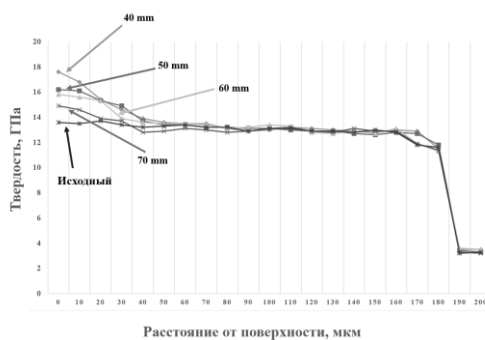


Рисунок 4 – График распределения твердости и по глубине покрытий Cr₃C₂-NiCr до (a) и после PPT (b)

На рисунке 5. отображены результаты измерения шероховатости поверхности материала покрытий на основе $\text{Cr}_3\text{C}_2+\text{NiCr}$, согласно которым установлено что поверхность имеет неоднородную структуру с наличием пор. В качестве основного параметра оценки шероховатости поверхности покрытия была выбрана величина R_a , которая представляет собой среднее арифметическое отклонение профиля. Значение шероховатости зависит от расстояния обработки. Самая низкая шероховатость наблюдается после импульсно-плазменной обработки на расстоянии 40 мм (рис. 5б). Значения шероховатости поверхности на $\approx 42\%$ по сравнению с параметрами шероховатости покрытия до РПТ. А также и других дистанциях видно снижение шероховатости (рис. 5с,д,е). Такое снижение показателя шероховатости обусловлено оплавлением импульсной плазмой выступающих фрагментов и пор шероховатости покрытия, которая способствовала снижению значения шероховатости.

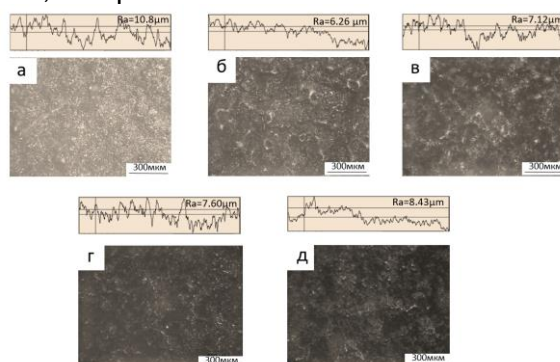


Рисунок 5 – Снимки рельефа и шероховатость поверхности покрытия Cr_3C_2 до (а) и после (б – 40 мм, в – 50 мм, г – 60 мм, д – 70 мм) импульсно-плазменной обработки

Одним из основных свойств отвечающих за долговечность изделий является трибологические параметры, которые в настоящей работе оценивались значением объема износа покрытий до и после ИПО по схеме «шар-диск» (рис. 6а). По полученным значениям профилометра были построены профилограммы, а так же с использованием специальной программы были получены значения для расчета объемов износа до и после ИПО (рис. 6б). Результаты испытания показали, что после РПТ покрытие имеет повышенную износостойкость согласно подтверждению РДА это вероятнее всего связано с повышением долей Cr_3C_2 карбидной фазы, которая обладает высокой стойкостью к износу. Согласно исследованию трибологических характеристик поверхности покрытия установлено, что импульсно плазменная обработка оказала существенное влияние на значение коэффициента трения поверхности покрытия и износостойкость (повышена почти в 2 раза по сравнению с значениями до ИПО). Износостойкость зависит от расстояния обработки. На основании полученных данных наиболее износостойким является покрытие обработанный на расстоянии 40 мм.

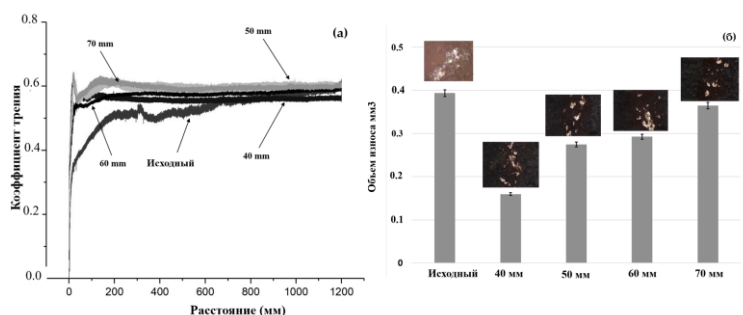


Рисунок 10 – Результаты трибологических испытаний покрытий $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ до и после ИПО

Закключение

Изучено влияние дистанции импульсно-плазменной обработки на структуру и свойство детонационных покрытий на основе $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$. На основании анализа результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- Установлено, что после ИПО на поверхности обнаружены фазы оксида хрома Cr_2O_3 , а также увеличивается интенсивность пиков Cr_3C_2 и появляются новые рефлексы Cr_3C_2 , которые указывает на увеличение содержания Cr_3C_2 фазы;
 - Покрытие, обработанное на расстоянии 40 мм, характеризуется минимальной пористостью по сравнению с другими режимами ИПО. Снижение показателя шероховатости обусловлено оплавлением импульсной плазмой выступающих фрагментов и пор шероховатости покрытия
 - На основании полученных данных наиболее оптимальной является импульсно-плазменная обработка на расстоянии 40 мм.
- Можно рекомендовать эту технологию нанесения покрытий, включающей детонационного напыления и последующей импульсно-плазменной обработки, как оптимальный способ защиты поверхностей деталей, работающих в экстремальных условиях эрозионного и абразивного износа

Список литературы

1. Erosion and corrosion behavior of shrouded plasma sprayed Cr_3C_2 -NiCr coating / Lu H. et al // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 388. – С. 125534. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.04.043>.
2. Pogrebnyak A.D., Tyurin Y.N. Modification of material properties and coating deposition using plasma jets / A.D. Pogrebnyak, Y.N. Tyurin // Physics-Uspekhi. – 2005. – Т. 48, № 5. – P. 487. <https://doi.org/10.1070/pu2005v048n05abeh002055>.
3. Dominant effect of carbide rebounding on the carbon loss during high velocity oxy-fuel spraying of Cr_3C_2 -NiCr / C.J. Li et al // Thin Solid Films. – 2002. – Т. 419, № 1-2. – P. 137-143. [https://doi.org/10.1016/S0040-6090\(02\)00708-3](https://doi.org/10.1016/S0040-6090(02)00708-3).
4. Janka L. et al. Influence of heat treatment on the abrasive wear resistance of a Cr_3C_2 NiCr coating deposited by an ethene-fuelled HVOF spray process / L. Janka et al // Surface and Coatings Technology. – 2016. – Т. 291. – P. 444-451. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.02.066>.
5. Matikainen V. A study of Cr_3C_2 -based HVOF-and HVOF-sprayed coatings: abrasion, dry particle erosion and cavitation erosion resistance / V. Matikainen, H. Koivuluoto, P. Vuoristo // Wear. – 2020. – Т. 446. – P. 203188. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203188>.
6. High temperature oxidation of metal, alloy and cermet powders in HVOF spraying process / K. Korpiola et al / Helsinki University of Technology. – 2004.
7. Technology and properties of nanostructured detonation coatings / M.V. Nenashev et al // Izv. RAS SamSC. – 2011. – Т. 13. – P. 390-393.
8. Influence of pulsed plasma treatment on phase composition and hardness of Cr_3C_2 -NiCr coatings / D.N. Kakimzhanov et al // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2021. – Т. 5, № 1. – P. 45-51. <https://doi.org/10.32523/ejpfm.2021050106>.
9. The experience of research and application of technology for applying detonation coatings / V.Y. Ulianitsky et al // Izv. RAS SamSC. – 2010. – Т. 12. – С. 569-575. <https://doi.org/10.48081/YBCY7199>.
10. Modern techniques for automated acquiring and processing data of diffraction electron microscopy for nano-materials and single-crystals / V. Sydorets et al // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd. – 2020. – Т. 992. – P. 907-915.
11. Автоматическая сварка / Л.И. Маркашова и др. // Автоматическая сварка. – 2017. – № 09. – С. 06.
12. Structural features and tribological properties of detonation gun sprayed Ti-Si-C coating / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2021. – Т. 11. – № 2. – P. 141. <https://doi.org/10.3390/coatings11020141>.
13. Microstructural characterization and abrasive wear performance of HVOF sprayed Cr_3C_2 -NiCr coating / G.C. Ji et al // Surface and Coatings Technology. – 2006. – Т. 200, № 24. – P. 6749-6757. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.10.005>.
14. Колисниченко О.В. Эффективность процесса напыления покрытий с использованием многокамерного детонационного устройства / О.В. Колисниченко, Ю.Н. Тюрин, Р. Товбин // Автоматическая сварка. – 2017.
15. Тюрин Ю.Н., Жадкевич М.Л. Плазменные упрочняющие технологии / Ю.Н. Тюрин, М.Л. Жадкевич // Наукова думка, Киев. – 2008. – 218 с.

16. Процессы заживления микротрещин в металле под действием импульсов тока высокой плотности / К.В. Кукуджанов и др. // Проблемы прочности и пластичности. – 2016. – Т. 78, № 3. – С. 300-310. <https://doi.org/10.32326/1814-9146-2016-78-3-300-310>.

References

1. Erosion and corrosion behavior of shrouded plasma sprayed Cr₃C₂-NiCr coating / Lu H. et al // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 388. – S. 125534. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.04.043>. (In English).
2. Pogrebnyak A.D., Tyurin Y.N. Modification of material properties and coating deposition using plasma jets / A.D. Pogrebnyak, Y.N. Tyurin // Physics-Uspekhi. – 2005. – Т. 48, № 5. – R. 487. <https://doi.org/10.1070/psu2005v048n05abeh002055>. (In English).
3. Dominant effect of carbide rebounding on the carbon loss during high velocity oxy-fuel spraying of Cr₃C₂-NiCr / C.J. Li et al // Thin Solid Films. – 2002. – Т. 419, № 1-2. – R. 137-143. [https://doi.org/10.1016/S0040-6090\(02\)00708-3](https://doi.org/10.1016/S0040-6090(02)00708-3). (In English).
4. Janka L. et al. Influence of heat treatment on the abrasive wear resistance of a Cr₃C₂NiCr coating deposited by an ethene-fuelled HVOF spray process / L. Janka et al // Surface and Coatings Technology. – 2016. – Т. 291. – R. 444-451. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.02.066>. (In English).
5. Matikainen V. A study of Cr₃C₂-based HVOF-and HVOF-sprayed coatings: abrasion, dry particle erosion and cavitation erosion resistance / V. Matikainen, H. Koivuluoto, P. Vuoristo // Wear. – 2020. – Т. 446. – R. 203188. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203188>. (In English).
6. High temperature oxidation of metal, alloy and cermet powders in HVOF spraying process / K. Korpiola et al // Helsinki University of Technology. – 2004. (In English).
7. Technology and properties of nanostructured detonation coatings / M.V. Nenashev et al // Izv. RAS SamSC. – 2011. – Т. 13. – R. 390-393. (In English).
8. Influence of pulsed plasma treatment on phase composition and hardness of Cr₃C₂-NiCr coatings / D.N. Kakimzhanov et al // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2021. – Т. 5, № 1. – R. 45-51. <https://doi.org/10.32523/ejpfm.2021050106>. (In English).
9. The experience of research and application of technology for applying detonation coatings / V.Y. Ulianitsky et al // Izv. RAS SamSC. – 2010. – Т. 12. – S. 569-575. <https://doi.org/10.48081/YBCY7199>. (In English).
10. Modern techniques for automated acquiring and processing data of diffraction electron microscopy for nano-materials and single-crystals / V. Sydorets et al // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd. – 2020. – Т. 992. – R. 907-915. (In English).
11. Avtomaticheskaya svarka / L.I. Markashova i dr. // Avtomaticheskaya svarka. – 2017. – № 09. – S. 06. (In Russian).
12. Structural features and tribological properties of detonation gun sprayed Ti-Si-C coating / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2021. – Т. 11. – № 2. – R. 141. <https://doi.org/10.3390/coatings11020141>. (In English).
13. Microstructural characterization and abrasive wear performance of HVOF sprayed Cr₃C₂-NiCr coating / G.C. Ji et al // Surface and Coatings Technology. – 2006. – Т. 200, № 24. – R. 6749-6757. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.10.005>. (In English).
14. Kolisnichenko O.V. Ehffektivnost' protsessa napyleniya pokrytii s ispol'zovaniem mnogokamernogo detonatsionnogo ustroystva / O.V. Kolisnichenko, YU.N. Tyurin, R. Tovbin // Avtomaticheskaya svarka. – 2017. (In Russian).
15. Tyurin YU.N., Zhadkevich M.L. Plazmennyye uprochnyayushchie tekhnologii / YU.N. Tyurin, M.L. Zhadkevich // Naukova dumka, Kiev. – 2008. – 218 s. (In Russian).
16. Protsessy zalechivaniya mikrotreshchin v metalle pod deistviem impul'sov toka vysokoi plotnosti / K.V. Kukudzhinov i dr. // Problemy prochnosti i plastichnosti. – 2016. – Т. 78, № 3. – S. 300-310. <https://doi.org/10.32326/1814-9146-2016-78-3-300-310>. (In Russian).

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR24992870).

Д.Н. Кәкімжанов*, М.К. Даутбеков, Е.С. Тұрабеков, Р.М. Қуанышбай, А.С. Рүстемов
Plasma Science ЖШС,
070018, Қазақстан, Өскемен қаласы, Гоголь көшесі 7Г,
*e-mail: dauir_97@mail.ru

ИМПУЛЬСТІ-ПЛАЗМАЛЫҚ ӨНДЕУ ҚАШЫҚТЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІНІҢ Cr_3C_2 -NiCr ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӨСЕРІ

Өнімнің өнімділік қасиеттерін арттыру және қызмет ету мерзімін арттырудың ең перспективалы әдістерінің бірі әртүрлі бүрку технологияларын қолдана отырып, функционалды жабындарды қолдану болып табылады. Cr_3C_2 -NiCr металл-керамикалық композицияның тозуға және коррозияға жоғары төзімділігін ескере отырып, мұндай жабындар қалдықтарды жағуға арналған қазандықтардың ыстық бөліктеріндегі болат элементтерін қорғау үшін белсенді түрде қолданыла бастады, сонымен қатар электр пештері мен жұмыс істеп тұрған жабдықтарда. табиғи газ бойынша. Бұл зерттеу импульсті-плазмалық өңдеудегі қашықтықтың Cr_3C_2 -NiCr детонациялық жабындарының беткі қабатының құрылымдық сипаттамаларына әсерін қарастырады. Біз детонациялық құрылғыны қолдана отырып, осындай жабындарды қолдануды, содан кейін оларды импульстік-плазмалық әдіспен өңдеуді қамтитын процесті зерттейміз. Нәтижелер көрсеткендей, мұндай өңдеуден кейін жабындардың құрылымдық компоненттері балқып, тегістеледі, бұл олардың плазмалық импульстардың әсерінен жойылуына әкелмейді. Жабындардың микроқұрылымы Cr_3C_2 -NiCr негізіндегі балқытылған металл керамикалық материал болып табылады. Импульсті-плазмалық өңдеуден кейін бетінде Cr_2O_3 хром оксидінің фазалары анықталды, Cr_3C_2 шыңдарының қарқындылығы артып, жаңа Cr_3C_2 рефлексі пайда болды, бұл Cr_3C_2 фазасының жоғарылауын көрсетеді. Сондай-ақ, бұл өңдеуден кейін микроқұрылым біркелкі болып, Cr_3C_2 -NiCr негізіндегі детонациялық жабынның тығыздалуына әкелетіні байқалды.

Түйін сөздер: Металл-керамикалық жабындар, детонациялық бүрку, импульсті-плазмалық өңдеу, жабынды өзгерту, қаттылық, тозуға төзімділік.

D.N. Kakimzhanov*, M.K. Dautbekov, E.S. Turabekov, R.M. Quanyshbay, A.S. Rustemov
Plasma Science LLP,
070018, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Gogol Street 7g,
*e-mail: dauir_97@mail.ru

EFFECT OF VARYING THE PULSE-PLASMA TREATMENT DISTANCE ON THE PROPERTIES OF Cr_3C_2 -NiCr DETONATION COATINGS

One of the most promising methods to improve the operational properties and increase the service life of products is the application of functional coatings using various sputtering technologies. Considering the high resistance to wear and corrosion of Cr_3C_2 -NiCr metal-ceramic composition, such coatings have started to be actively used to protect steel elements in hot parts of boilers designed for waste incineration, as well as in electric furnaces and equipment operating on natural gas. This study examines the effect of pulse-plasma treatment distance on the structural characteristics of the surface layer of Cr_3C_2 -NiCr detonation coatings. We study a process involving the deposition of such coatings using a detonation device and then their treatment by pulse plasma. The results show that after such treatment, melting and levelling of the structural components of the coatings occurs without leading to their destruction by the plasma pulses. The microstructure of the coatings is a molten Cr_3C_2 -NiCr based metal-ceramic material. After pulse plasma treatment, Cr_2O_3 chromium oxide phases are found on the surface, the intensity of Cr_3C_2 peaks increases and new Cr_3C_2 reflections appear, indicating an increase in the Cr_3C_2 phase content. It is also observed that the microstructure becomes more homogeneous after this treatment, which leads to the densification of the Cr_3C_2 -NiCr-based detonation coating.

Key words: Ceramic metal coatings, detonation spraying, pulse-plasma treatment, coating modification, hardness, wear resistance.

Сведения об авторах

Дауир Нуржанұлы Какимжанов* – PhD, ассоциированный профессор, директор научно-производственной компании «Plasma Science», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: dauir_97@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-0456>.

Мерхат Курметович Даутбеков – PhD, ассоциированный профессор, руководитель производственного центра «Volat», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: merkhatd@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0203-6050>.

Ернар Серикжанұлы Турабеков – инженер научно-производственной компании «Plasma Science», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: ernarturabekov28@gmail.com.

Рашид Маратулы Куанышбай – инженер научно-производственной компании «Plasma Scince», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: rashidmaratly08@gmail.com.

Ануар Саятбекулы Рустемов – инженер научно-производственной компании «Plasma Scince», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: anuarrustemovv05@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Дәуір Нұржанұлы Кәкімжанов* – PhD, қауымдастырылған профессор, «Plasma Scince» ғылыми-өндірістік компаниясының директоры, Өскемен, Қазақстан; e-mail: dauir_97@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-0456>.

Мерхат Курметович Даутбеков – PhD, қауымдастырылған профессор, «Bolat» өндірістік орталығының басшысы, Өскемен, Қазақстан; e-mail: merkhatd@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0203-6050>.

Ернар Серікжанұлы Тұрабеков – инженер научно-производственной компании «Plasma Scince», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: ernarturabekov28@gmail.com.

Рашид Маратулы Куанышбай – инженер научно-производственной компании «PlasmaScince», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: rashidmaratly08@gmail.com.

Ануар Саятбекулы Рустемов – инженер научно-производственной компании «Plasma Scince», Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: anuarrustemovv05@gmail.com.

Information about the authors

Dauir Nurzhanuly Kakimzhanov* – PhD, Associate Professor, Director of the scientific and production company PlasmaScince, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: dauir_97@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-0456>.

Merkhat Kurmetovich Dautbekov – PhD, Associate Professor, Head of the Bolat Production Center, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: merkhatd@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0203-6050>.

Ernar Serikzhanuly Turabekov – engineer of the scientific and production company «Plasma Scince», Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: ernarturabekov28@gmail.com.

Rashid Maratuly Kuanyshbay – engineer of the scientific and production company «Plasma Scince», Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: rashidmaratly08@gmail.com.

Anuar Sayatbekuly Rustemov – engineer of the scientific and production company "PlasmaScince", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: anuarrustemovv05@gmail.com.

Поступила в редакцию 11.10.2024
Поступила после доработки 10.12.2024
Принята к публикации 12.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-41](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-41)

МРНТИ: 81.09.00.



Ж.Б. Сагдолдина^{1,2}, Д.Р. Байжан^{1,2*}.

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,
070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, пр. Шакарима 148

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: daryn.baizhan@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация: Процесс остеоинтеграции в значительной степени зависит от шероховатости поверхности, структуры, химического состава и механических характеристик покрытия. В связи с этим важным направлением в развитии медицинских материалов является разработка новых технологий модификации поверхности и создания биоактивных керамических покрытий. Кальций-фосфатные материалы на основе гидроксиапатита предлагаются в качестве биоактивных керамических покрытий на титановых имплантатах для эффективного ускорения заживления костной ткани. В статье рассмотрены результаты исследования процесса формирования

гидроксиапатитового покрытия на титановой подложке при детонационном напылении. Порошки для напыления и полученные покрытия из гидроксиапатита были исследованы методами рамановской спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Было определено, что появление фаз $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ характерно для покрытия из чистого гидроксиапатита, полученного детонационным напылением, но фаза гидроксиапатита сохраняется в составе покрытия. Результаты, полученные с помощью рамановской спектроскопии, указывают на то, что гидроксиапатит является основной фазой в покрытиях. Морфология напыленных покрытий была охарактеризована с помощью СЭМ, а также был проведен анализ элементного состава покрытий с помощью ЭДС. Анализ ЭДС показал, что элементный состав полученных покрытий аналогичен элементному составу исходного порошка, что очень важно для характеристик биосовместимости и сохранения срока службы покрытий.

Ключевые слова: гидроксиапатит, детонационное напыление, структура, фазовый состав, шероховатость, микротвердость.

Введение

Разработка и производство биоматериалов для замены костной ткани составляют один из высокотехнологичных секторов экономики, однако тип и качество существующих на сегодняшний день материалов имплантатов и технология их изготовления требует дальнейшего совершенствования. Причем «узким местом» являются не медицинские технологии, связанные с установкой имплантата в организм, а инженерные и материаловедческие проблемы создания имплантата, определенного химического и фазового состава, с определенной морфологической архитектурой.

В настоящее время предложен ряд технологических подходов, направленных на модификацию поверхности имплантата. Это включает активацию поверхности и нанесение покрытий для улучшения адгезии новой костной ткани к имплантату и усиления остеоинтеграции имплантата. В связи с этим в качестве выгодного подхода для ускорения заживления костей было предложено нанесение покрытий из фосфатов кальция на титановые имплантаты [1]. Эти покрытия не только обеспечивают функционирование имплантатов в окружающей среде живого организма, но и способствуют интеграции с его тканями [2]. Одним из наиболее важных материалов, широко используемых для этой цели, является гидроксиапатит (ГА) – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Помимо улучшения биосовместимости, ГА проявляет высокую биоактивность и способствует интенсификации остеоинтеграции. Гидроксиапатит обязан такими свойствами своему химическому и биологическому сходству с костями, способствуя созданию новой костной ткани [3]. Однако, покрытие ГА страдает от плохих механических свойств, таких как низкая вязкость, усталость при фреттинге и стойкость к абразивному износу из-за внутренней хрупкости ГА [4].

Учитывая высокую важность биосовместимых покрытий, важным аспектом поэтому является выбор соответствующей технологии нанесения покрытий. Наиболее распространенные методы нанесения покрытий включают термическое напыление, нанесение методом погружения, метод динамического смешивания, золь-гель метод, импульсное лазерное осаждение и другие [5-7]. Среди других методов напыления широко используются методы газо-термического напыления для получения различных биосовместимых покрытий. Эти методы включают обычное плазменное напыление (ПН), высокоскоростное напыление кислородного топлива (HVOF) и холодное напыление [8-10]. Для большинства методов низкая или промежуточная адгезионная прочность покрытия и низкая кристалличность полученных покрытий являются одними из важных факторов, ограничивающих их применение. В связи с этим необходимо разработать новые методы или подходы для улучшения свойств покрытий.

Материалы и методы

В качестве подложек использовался титановый сплав Ti-6Al-4V (BT6). Химический состав титанового сплава Ti-6Al-4V представлен в таблице 1. Перед нанесением покрытий титановые подложки подвергают воздушно-абразивной обработке порошком электрокорунда с дисперсностью 100–200 мкм при давлении воздуха 0,4–0,5 МПа.

Таблица 1 – Химический состав сплава Ti-6Al-4V, %

Ti	Al	V	Fe	C	O	N	H
88,5-92,5	5,5-6,5	3,5-4,5	<0,25	<0,08	<0,13	<0,05	<0,012

Для нанесения покрытий применялась установка детонационного напыления CCDS-2000 с компьютерным управлением, расположенная в Научно-исследовательском центре «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова. Ствол детонационной пушки имеет длину 450 мм и диаметр 26 мм. В качестве топлива использовался ацетилен C_2H_2 , а в качестве окислителя – кислород (O). Газообразный азот использовался для продувки системы перед каждым выстрелом и для подачи исходных порошков через устройство подачи порошка.

Образцы готовили на плоско-шлифовальном станке Metapol-2000P с последующей полировкой с использованием алмазных паст. На каждую партию использовали не менее 5 образцов для достоверности результатов измерений. А также морфология поверхности изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) (MIRA3 LMU, TESCAN, Брно, Чешская Республика) при увеличениях $\times 500$; $\times 1000$; $\times 3000$; $\times 5000$.

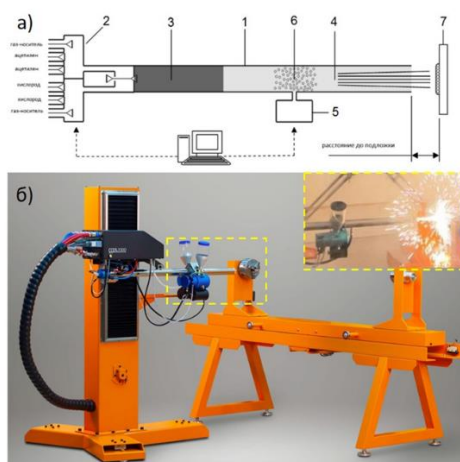


Рисунок 1 – Схема установки детонационного напыления CCDS2000

1 – ствол детонационной установки; 2 – прецизионный газораспределитель; 3 – заряд взрывчатой смеси; 4 – зона газаносителя; 5 – порошковый дозатор; 6 – зона облака порошка; 7 – подложка

Образцы также были подвергнуты рентгеновскому фазовому анализу с использованием дифрактометра XRD-6000 с монохроматическим излучением медного анода ($CuK\alpha$) с длиной волны 1,54056 Å. Для измерений были заданы следующие параметры: ускоряющее напряжение 45 кВ, ток пучка 30 мА, шаг сканирования $0,02^\circ$ в диапазоне углов 2θ от 10° до 90° , и время накопления сигнала на каждом шаге 0.5 с. Для анализа фазового состава использовались база данных PDF4+ и программа для полного профиля POWDER CELL 2.4.

Результаты и обсуждения

Как отмечается в ряде работ, фазовый состав покрытий оказывает значительное влияние на рост костной ткани во время остеоинтеграции имплантатов. Совместимость имплантатов улучшается благодаря приближению фазово-структурного состояния полученного покрытия и его свойств к параметрам костной ткани. Фазовое состояние биопокрытий костных имплантатов также определяет характер их физико-химических и механических свойств. В связи с этим в данной работе фазовый состав полученных кальций-фосфатных покрытий был изучен методом рентгенодифракционного анализа. В случае детонационного напыления чистого гидроксиапатита (ГА) характерно появление фаз α -ТКФ (α - $Ca_3(PO_4)_2$ – трикальцийфосфат), однако фаза ГА сохраняется в составе покрытия. Известно, что фаза α -ТКФ не является особо прочной, её механическая прочность ниже по сравнению с кортикальной костью, что ограничивает её применение в областях с высокой механической нагрузкой. Однако фаза α -ТКФ полностью замещается биологическими тканями при взаимодействии с окружающей средой организма, что обеспечивает высокую биоактивность.

В полученном спектре КРС покрытия из гидроксиапатита наиболее интенсивной является полоса с частотным сдвигом 961 см^{-1} , что указывает на то, что ГА является основной фазой в покрытиях. Эта полоса относится к симметричному растяжению P-O (ν_1) группы PO_4 и является наиболее характерной для карбонизированных апатитов. Резкость этой полосы подтверждает хорошую кристалличность покрытия из ГА, что также подтверждается другими авторами. Аналогично, полосы, связанные с антисимметричным растяжением (ν_3) группы PO_4 , показывают сдвиг от 1045 см^{-1} к плечу на уровне 1033 см^{-1} . Кроме того, следует подчеркнуть, что это изменение содержания карбонатов в покрытиях тесно связано с изменением морфологии роста и размера кристаллитов, что, как известно, происходит при изменении температуры (табл. 2). Более высокий атомный беспорядок соответствует меньшим размерам кристаллов (нанометровый масштаб).

Морфология гидроксиапатитового покрытия показала формирование слоистой пористой структуры, которая, в свою очередь, способствует эффективному врастанию костной ткани в поры имплантата. В полученных покрытиях наблюдаются поры, которые образуются при расплавлении частиц покрытия. Как отмечалось ранее, детонационные покрытия имеют пористую структуру и ярко выраженный рельеф.

Таблица 2 – Результаты анализа покрытия из гидроксиапатита с различными частотами соответствующих линий

Частотный сдвиг (см^{-1})	Соответствующая вибрация
154, 278	(Ti-O) – (Анатаз)
423	$(\text{PO}_4)^{3-}(\nu_2)$ (P-O вибрационный)
585, 711	$(\text{PO}_4)^{3-}(\nu_4)$ (Деформация P-O)
950-965	$(\text{PO}_4)^{3-}(\nu_3)$ (Антисимметричное валентное колебание P-O)
1030-1045	$(\text{PO}_4)^{3-}(\nu_3)$ (Антисимметричное валентное колебание P-O)

Согласно результатам анализа элементного состава покрытий, никаких других элементов, кроме основного состава подложки и порошка, выявлено не было. На основании результатов элементного анализа можно утверждать, что детонационное напыление не привело к изменению химического состава покрытия, что имеет решающее значение для биосовместимости и сохранения срока службы покрытия. Получается однородная структура покрытия, состоящая из расплавленного порошка, распыленного отдельными частицами.

На рисунке 2 представлены энергодисперсионные рентгеновские спектры покрытия. Анализ элементного состава не выявил присутствия других элементов, за исключением основного состава подложки и порошка. Согласно полученным результатам элементного анализа покрытия, можно утверждать, что детонационное напыление не вызывает изменений в химическом составе покрытия, и этот фактор имеет решающее значение для биосовместимости и сохранения срока службы покрытия. Соотношение Ca/P в покрытиях является одним из основных параметров, определяющих биологическую активность. Элементный анализ позволяет сравнить концентрации элементов, входящих в состав покрытий, и рассчитать соотношение Ca/P. Результаты исследования химического состава показали, что соотношение кальция и фосфора в напыленном покрытии составляет Ca/P – 2,2, что значительно выше, чем для исходного порошка – Ca/P – 1,67. Этот факт может свидетельствовать о наличии в покрытии примесных фаз. На рисунке 2 представлено СЭМ-изображение и элементный анализ детонационного покрытия на основе НА.

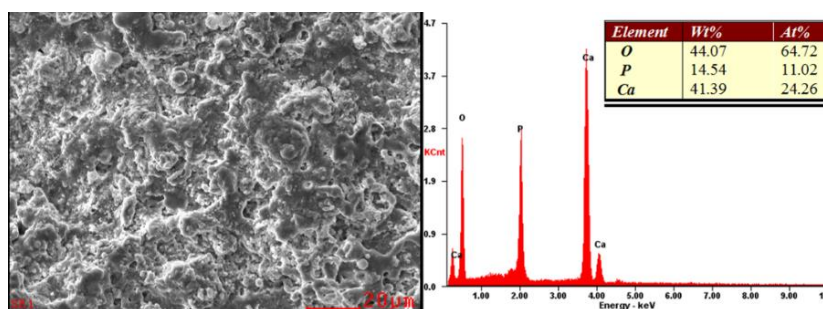


Рисунок 2 – СЭМ-изображение и элементный анализ гидроксиапатитового покрытия

Микрофотографии поперечного сечения детонационного покрытия на основе НА показывают высокую плотность покрытия на границе раздела подложек. Результат показал (рис. 3) формирование слоисто-пористой структуры покрытий толщиной 100-120 мкм и отсутствие пор и трещин на границе раздела фаз.

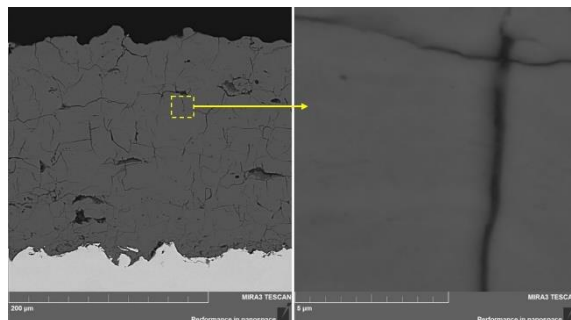


Рисунок 3 – Микрофотография поперечного сечения гидроксиапатитового покрытия, полученного методом детонационного напыления

На рисунке 4 показаны микрофотографии поверхности и результаты измерения шероховатости гидроксиапатитового покрытия, полученного методом детонационного напыления. Поверхность покрытия имеет неоднородную структуру с порами, типичным слоистым, волнообразным расположением структурных компонентов. Шероховатость поверхности покрытия измерялась по параметру R_a с использованием модели профилометра 130 на участке длиной 7 мм на поверхности образца. Согласно полученным данным, шероховатость покрытия составляет 7,82. Гидроксиапатитовое покрытие, полученное методом детонационного напыления, имеет развитую поверхность, что послужит их улучшенному сращиванию с костной тканью.

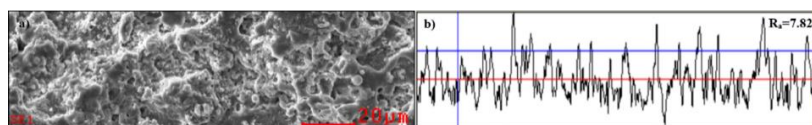


Рисунок 4 – Микрофотография и шероховатость гидроксиапатитового покрытия, полученного методом детонационного напыления

Измерение микротвердости поперечного сечения гидроксиапатитового покрытия, полученного методом детонационного напыления, проводилось под углом 45° вдоль покрытий. Средняя микротвердость покрытий НА, полученных методом детонационного напыления, составляет 380 HV0,1.

Выводы

Таким образом, согласно полученным результатам, можно сделать следующие выводы:

- было выявлено, что гидроксиапатитовое покрытие с детонационным газом, полученное на установке CCDS 2000, имеет однородную морфологию поверхности и малый размер пор;
- было установлено, что полученные покрытия сохранили свои основные характеристики: кристаллический и химический состав, которые имеют решающее значение для использования имплантатов;
- было выявлено, что морфология структуры поперечного сечения покрытия демонстрирует слоисто-пористую структуру и высокую плотность покрытия, а на границе раздела подложка-покрытие отсутствуют поры и трещины.

Список литературы

1. Properties of gas detonation ceramic coatings and their effect on the osseointegration of titanium implants for bone defect replacement / N.I. Klyui et al // *Ceramics International*. – 2021. – Vol. 47(18). – P. 25425-25439. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.05.265>.

2. In vitro and in vivo osteogenic activity of titanium implants coated by pulsed laser deposition with a thin film of fluoridated hydroxyapatite / L. Chen et al // International Journal of Molecular Sciences. – 2018. – Vol. 19(4). – P. 1127. <https://doi.org/10.3390/ijms19041127>.
3. Enhanced osseointegration of titanium implants in a rat model of osteoporosis using multilayer bone mesenchymal stem cell sheets / Y. Duan et al // Experimental and Therapeutic Medicine. – 2017. – Vol. 14. – P. 5717-5726. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.5303>.
4. Effect of milling conditions on the properties of HA/Ti feedstock powders and plasma-sprayed coatings / G. Zhao et al // Surface and Coatings Technology. – 2014. – Vol. 251. – P. 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.02.028>.
5. Porous titanium-hydroxyapatite composite coating obtained on titanium by cold gas spray with high bond strength for biomedical applications / J. Guillem-Marti et al // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2019. – Vol. 180. – P. 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.04.048>.
6. Review of functionally graded thermal sprayed coatings / L. Łatka et al // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10. – P. 5153. <https://doi.org/10.3390/app10155153>.
7. Mohseni E. Comparative investigation on the adhesion of hydroxyapatite coating on Ti-6Al-4V implant: a review paper / E. Mohseni, E. Zalnezhad, A.R. Bushroa // International Journal of Adhesion and Adhesives, – 2014. – Vol. 48. – P. 238-257. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.09.030>.
8. Dorozhkin S.V. Calcium orthophosphates as bioceramics: state of the art / S.V. Dorozhkin // Journal of Functional Biomaterials. – 2010, – Vol. 1. – P. 22-107. <https://doi.org/10.3390/jfb1010022>.
9. Moore B. Deposition methods for microstructured and nanostructured coatings on metallic bone implants: a review / B. Moore, E. Asadi, G. Lewis // Advances in Materials Science and Engineering. – 2017. – P. 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/5812907>.
10. Gan J.A. Nanocomposite coatings: thermal spray processing, microstructure and performance / J.A. Gan, C.C. Berndt // International Materials Reviews. – 2015. – Vol. 60. – P. 195-244.

Финансирование

Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR24992876).

Ж.Б. Сағдолдина^{1,2}, Д.Р. Байжан^{1,2*}

¹С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
070002, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Шәкәрім даңғылы 148

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинка даңғылы, 20 А

*e-mail: daryn.baizhan@mail.ru

КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТТЫ ҚОСЫЛЫСТАР НЕГІЗІНДЕГІ ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Остеоинтеграция процесі көбінесе беттің кедір-бұдырына, құрылымына, химиялық құрамына және жабынның механикалық сипаттамаларына байланысты. Осыған байланысты медициналық материалдарды дамытудағы маңызды бағыт бетті модификациялаудың және биоактивті керамикалық жабындарды жасаудың жаңа технологияларын әзірлеу болып табылады. Гидроксиапатитке негізделген Кальций-фосфат материалдары сүйек сауығуын тиімді жеделдету үшін титан имплантаттарында биоактивті керамикалық жабындар ретінде ұсынылады. Остеоинтеграция процесі көбінесе беттің кедір-бұдырына, құрылымына, химиялық құрамына және жабынның механикалық сипаттамаларына байланысты. Осыған байланысты медициналық материалдарды дамытудағы маңызды бағыт бетті модификациялаудың және биоактивті керамикалық жабындарды жасаудың жаңа технологияларын әзірлеу болып табылады. Гидроксиапатитке негізделген Кальций-фосфат материалдары сүйек сауығуын тиімді жеделдету үшін титан имплантаттарында биоактивті керамикалық жабындар ретінде ұсынылады. Мақалада титан қабатында детонациялық бүрку әдісімен гидроксиапатит жабынын қалыптастыру процесін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Бүрку үшін қолданылған ұнтақтар мен алынған гидроксиапатит жабыны раман спектроскопиясы және рентгеноструктуралық талдау әдістерімен зерттелген. Зерттеу нәтижелері бойынша, таза гидроксиапатиттен алынған жабынында α - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ фазасы байқалатыны анықталды, бірақ гидроксиапатит фазасы жабын құрамында сақталады. Раман спектроскопиясының нәтижелері гидроксиапатиттің жабындардағы негізгі фаза екенін көрсетеді. Бүркуді микроскопиялық зерттеу сканирлеуші электронды микроскопия әдісімен жүргізілді, сондай-ақ жабынын элементтік құрамын ЭДС арқылы талдау жүргізілді. ЭДС талдауы

алынған жабының элементтік құрамы бастапқы ұнтаққа ұқсас екенін көрсетті, бұл биосәйкестік сипаттамалары мен жабынын ұзақ қызмет етуін қамтамасыз ету үшін маңызды.

Түйін сөздер: гидроксипатит, детонациялық бүрку, құрылым, фазалық құрам, кедір-бұдылық, микроқаттылық.

Zh.B. Sagdoldina^{1,2}, D.R. Baizhan^{1,2*}.

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
070002, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, st. Shakarima 148

²Shakarim University,
071412, Kazakhstan, Semey, Glinka Ave., 20 A

*e-mail: daryn.baizhan@mail.ru

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF DETONATION COATINGS BASED ON CALCIUM PHOSPHATE COMPOUNDS

The process of osseointegration largely depends on the surface roughness, structure, chemical composition and mechanical characteristics of the coating. In this regard, an important direction in the development of medical materials is the development of new technologies for surface modification and the creation of bioactive ceramic coatings. Calcium phosphate materials based on hydroxyapatite are offered as bioactive ceramic coatings on titanium implants to effectively accelerate bone healing. The article discusses the results of a study of the formation of a hydroxyapatite coating on a titanium substrate during detonation spraying. The powders for spraying and the resulting coatings from hydroxyapatite were studied by Raman spectroscopy and X-ray diffraction analysis. It was determined that the appearance of $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)$ phases is typical for a coating of pure hydroxyapatite obtained by detonation spraying, but the hydroxyapatite phase remains in the coating composition. The results obtained using Raman spectroscopy indicate that hydroxyapatite is the main phase in coatings. The morphology of the sprayed coatings was characterized using SEM, and the elemental composition of the coatings was analyzed using EDS. The EDS analysis showed that the elemental composition of the obtained coatings is similar to the elemental composition of the initial powder, which is very important for the characteristics of biocompatibility and preservation of the service life of coatings.

Key words: hydroxyapatite, detonation sputtering, structure, phase composition, roughness, microhardness.

Сведения об авторах

Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина – PhD, ассоциированный профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Дарын Рашитулы Байжан* – старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: daryn.baizhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9105-3129>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина – PhD, қауымдастырылған профессор, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ғылыми-зерттеу орталығының аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Дарын Рашитулы Байжан* – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ғылыми-зерттеу орталығының аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: daryn.baizhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9105-3129>.

Information about the authors

Zhuldyz Bolatkizy Sagdoldina – PhD, Associate Professor, senior Researcher at the Research Center for «Surface Engineering and Tribology» of the East Kazakhstan University named after S. Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Daryn Rashituly Baizhan* – senior Researcher at the Research Center for «Surface Engineering and Tribology» of the East Kazakhstan University named after S. Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: daryn.baizhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9105-3129>.

Поступила в редакцию 10.11.2024

Поступила после доработки 12.12.2024

Принята к публикации 13.12.2024



Л.К. Тастанова¹, А.З. Бекешев¹, А.С. Мостовой², Р.О. Орынбасар^{1*}, А.К. Жумабекова³

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,

030000, Қазақстан республикасы, Ақтөбе қ., Молдагулова көшесі, 34

²Ю. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті,

410054, Ресей, Саратов қ., Политехническая көшесі, 77

³К. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан.

Қазақстан республикасы, Астана қ., Қ. Мұхамедханов көш. 37

*e-mail: raihan_06_79@mail.ru

НАНОТОЛТЫРҒЫШТАРДЫ ФУНКЦИОНАЛДАУДЫҢ ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Зерттеудің мақсаты – эпоксидті полимерлі композиттердің құрылымы мен физикалық-химиялық қасиеттеріне нанотолтырғыштардың (алюминий нитриды мен наноалмаздар) әсерін зерттеу. Сонымен қатар аталған нанобөлшектердің амин сірке қышқылымен беттік функционалдау әсері де зерттелді. Зерттеу барысында полимерлі матрицада наноалмаз (НА) бен алюминий нитридi (AlN) бөлшектерінің біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін амин сірке қышқылының оңтайлы концентрациялары сәйкесінше 5% және 7,5% екендігі анықталды. Бұл концентрациялар композиттердің механикалық қасиеттерінде арттыруға септігін тигізеді. Функционалданған нанобөлшектермен толтырылған эпоксидті композиттердің иілу беріктігінің, серпімділік модулінің, созылу беріктігінің, созылуға төзімділігінің және эпоксидті композиттердің ыстыққа төзімділігінің жоғарылауы байқалады. Ең жоғары механикалық және термиялық көрсеткіштер композиттерге 0,1% наноалмаз және 0,05% AlN енгізгенде алынды: механикалық қасиеттердің өсуі 6-50% құрады, ыстыққа төзімділік 100-110°C-тан 132-168°C-қа дейін артты. Өңделмеген және функционалданған нанобөлшектер композиттердің салмақ жоғалтуын азайту және оттегі индексі жоғарылату арқылы олардың отқа төзімділігін арттырды. Жалпы алғанда, бұл нанокompозиттік материалдар ерекше механикалық, термиялық және отқа төзімді қасиеттерге ие, сондықтан олар қазіргі заманғы беріктік пен отқа төзімділігі жоғары бұйымдар алу үшін жарамды.

Түйін сөздер: композит, эпоксидті олигомер, функционалдау, нанотолтырғыш, амин сірке қышқылы, модификация.

Кіріспе

Қазіргі уақытта полимерлі композиттер ерекше қасиеттерді, фтфп айтқанда жоғары беріктік пен деформацияға сипаттамаларын көрсете отырып, сонымен қатар меншікті салмақтары төмен болғандықтан, әртүрлі салаларда барған сайын көп қолданылуда. Өнеркәсіптік байланыстырғыштардың арасында әртүрлі эпоксидті олигомерлер ең көп таралған. Эпоксидті шайырлар мен олардың негізінде алынатын композиттер қазіргі уақытта қарқынды даму кезеңін бастан кешуде. Өңделген эпоксидті шайырлардың металдарға, толтырғыштарға, шыныға, құрылыстық және басқа материалдарға тамаша адгезиясы олардың қолданылуының кең ауқымын анықтады. Мұндай жақсы адгезияның, жоғары физикалық, механикалық және электрлік қасиеттерінің, сондай-ақ коррозияға қарсы тұрақтылығы мен су және химиялық реагенттердің әсеріне төзімділігінің сәтті үйлесуі қазіргі уақытта эпоксидті шайырлардың белсенді дамуына және өндірісі мен тұтынылуының артуына әкелді [1, 2].

Әртүрлі артықшылықтарына қарамастан, эпоксидті шайырдан алынған материалдардың ең маңызды кемшілігі олардың сынғыштығы болып табылады. Бұл мәселені шешу үшін оларды әртүрлі әдістерді қолдана отырып жүйелі түрде модификациялау қажет.

Эпоксидті полимерлердің артықшылықтарының бірі химиялық құрылымында реактивті гидроксил және эпоксидті топтардың болуына байланысты олардың кең модификациялық потенциалы болып табылады [3-5]. Эпоксидті композиттердің құрылымын пластификаторларды, беттік-белсенді заттарды, толтырғыштарды және басқа модификаторларды қосу арқылы реттеу, олардың пайдалану сипаттамаларын жақсартады. Бұл қажетті қасиеттер жиынтығы бар материалдарды өндіруге әкеледі, яғни оларды ұқсас материалдардың басқа түрлерінің ішінде ең маңызды етеді [6-10].

Эпоксидті олигомерлерге әртүрлі нанотолтырғыштарды еңгізу арнайы және жоғары қасиеттері бар полимерлі композиттерді алуға мүмкіндік береді. Бұл жетістіктер заманауи өнеркәсіптік талаптарға сәйкес келетін және талаптардан да жоғары қасиеттері бар материалдарды жасауға мүмкіндік береді. Осы саладағы үздіксіз зерттеулер мен зерттеу нәтижелері әртүрлі күрделі жағдайларда полимерлі композиттердің пайдалылығын кеңейту арқылы жаңа мүмкіндіктер ашуға және инновацияларды ынталандыруға ықпал етеді.

Алайда, полимерлі нанокомпозиттердің қасиеттерін едәуір жақсартуға негізгі кедергі полимер матрицасындағы нанобөлшектердің толық таралуын қамтамасыз етуінің қиындығы болып табылады. Бұл мәселе фазалар шекарасында нанобөлшектердің біркелкі таралуын қиындататын үлкен фазааралық аймақтың пайда болуына байланысты туындайды. Матрица ішіндегі нанобөлшектердің агрегациясы композиттік материалдың қасиеттерінің біркелкі емес болуына және сипаттамаларының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан нанобөлшектердің біртекті таралуына қол жеткізу нанокомпозиттік материалдардың толық мүмкіндігін жүзеге асыру үшін өте маңызды.

Агрегат түзуге бейімділікті төмендету және наноматериалдардың адгезиялануға қабілетін арттыру үшін оларды функционалдау [11, 12] және композиттерді модификациялаудың тиімді әдістерін қолдану қажет, мысалы, плазмалық өңдеу [13, 14], микротолқынды модификациялау [15, 16], магниттік және электр өрістерінің әсері [17, 18] және т.б. Беттік функционалдау әдісі ең кең таралған болып табылады, өйткені ол бөлшектердің орташа үлкендіктерін азайтуға, фаза аралық химиялық әрекеттесулерді орнатуға мүмкіндік береді, бұл олардың негізінде алынған композиттердің деформациялық және беріктік сипаттамаларын жақсартады [11, 12, 19]. Сонымен қатар, байланыстырушы агенттер мен беттік белсенді заттарды қолдану нанобөлшектердің агрегациясының алдын алу және олардың полимер матрицасымен жақсы байланысуына ықпал ету арқылы нанобөлшектердің біркелкі таралуын одан әрі күшейтеді. Полимер матрицасында нанотолтырғыштардың тиімді таралуын ұйымдастыру нәтижесінде толтырғыштардың концентрациясы төмен (1%-дан аз) болған жағдайда да полимер байланыстырғыштың едәуір бөлігінің шекаралық қабатқа өтуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Мысалы, эпоксидті матрицаға аммиак суымен функционалданған графен оксидінің тек 1% қосу композиттің созылу және иілу беріктіктерінің екі есе артуына әкеледі. Сонымен қатар, композиттің созылу модулі толтырылмаған эпоксидті полимермен салыстырғанда 1,5 есе артады, бұл нанотолтырғыштардың механикалық өнімділікке терең әсерін көрсетеді [20]. Бұл мысал жақсы дисперсияланған нанобөлшектердің аз мөлшерінің өзі материалдың механикалық қасиеттерінің айтарлықтай жақсаруына әкелетінін көрсетеді.

Зерттеу авторлары [21] эпоксидті матрицаның беріктігіне SiO_2 мен бор нитридінің (BN) әсерін қарастырған. 2% дейін нанотолтырғыштар қосқанда, бор нитридімен толтырылған жүйе ең жақсы механикалық қасиеттерді көрсетті. SiO_2 бөлшектері өздігінен майлану құбылысына және бөлшектер арасындағы ван-дер-Ваальс күштерінің төмендеу болуына байланысты агрегацияға азырақ бейім, бұл толтырғыштың мөлшері жоғарылаған кезде де жоғары беріктік мәндеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Серпімділік модулі толтырғыш мөлшерінің ұлғаюымен артады.

Ли Санчестің тобы [22] электрондық құрылғыларға арналған қорғаныш эпоксидті жабынды алу үшін алюминий нитридінен (AlN) және BN-ден тұратын гибриді толтырғышты қолданған. 75% гибриді толықтырғыш қосу нәтижесінде композиттің термиялық ұлғаю коэффициенті төмен болып, жылу өткізгіштігі 10,18 Вт/(м·К) жетті, бұл бастапқы матрицаның жылуөткізгіштігінен 46 есе жоғары.

Наноалмаздардың (НА) ерекше қасиеттеріне, әсіресе жоғары беріктігіне, жылу өткізгіштігіне, оңтайлы оптикалық қасиеттеріне және биоүйлесімділігіне байланысты композициялық материалдардағы матрицаны модификациялайтын компонент ретінде

айтарлықтай назар аударды. Сонымен қатар, НА құнының салыстырмалы төмендігі және үлкен көлемде қол жетімділігі полимерлі матрицалардың, әсіресе эпоксидті шайырлардың қасиеттерін арттыруға қызығушылық тудырды [23]. Осы қасиеттердің бірегей үйлесімі наноалмаздарды жаңа композициялық материалдарды дайындауда, әсіресе жоғары термиялық тұрақтылықты, механикалық беріктікті және биологиялық жүйелермен үйлесімділікті қажет ететін қолданбаларда әмбебап және құнды қоспаға айналдырады.

Нейтцель және т.б. [24] эпоксидті матрицаға 25 көп. % - ға дейін наноалмаздарды (НА) қосу перспективаларын зерттеді. Олар 25 % НА енгізу арқылы эпоксидті композиттердің бастапқы матрицамен салыстырғанда серпімділік модулі мен қаттылығы сәйкесінше 470% және 300% артатынын анықтады. Үйкеліс коэффициентінің 40%-ға төмендеуі және жылу өткізгіштіктің жоғарылауы байқалды. Жылу өткізгіштіктің жоғарылауы полимер матрицасында дамыған құрылымдық желінің пайда болуымен және НА бөлшектердің полимермен байланыс орнатумен анықталады.

Ким және т.б. жүргізген зерттеуде [25], НА тетраэтиленпентаминмен функционалдандырылды, бұл композиттік материалдың жылу өткізгіштігінің және сынуға төзімділігінің айтарлықтай жақсаруына әкелді. Атап айтқанда, жылу өткізгіштік 34%-ға өсті, ал сынуға төзімділік 121%-ға жоғарылады. Композиттің қасиеттерінің соншама артуы наноқұрылымдардың агрегациясын болдырмау арқылы эпоксидті матрицада НА таралуын жақсартуға байланысты болды. Функционалдау процесі матрица ішінде жылу өткізгіш үш өлшемді желінің пайда болуын жеңілдетіп, жылуды тиімдірек таратуға және композиттің жалпы механикалық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік берді. Бұл өзара байланысқан құрылымды құру жылу қасиеттерін жақсартып қана қоймай, сонымен қатар материалдың жарықтың таралуына қарсы тұру қабілетіне ықпал етті, яғни оның беріктігін жақсартты.

Наноалмаздар көмегімен композициялық материалдардың қасиеттерін жақсартудың тағы бір тәсілі зерттелді [26], мұнда наноалмаздардың бетін функционалдау үшін күкірт және азот қышқылдарының ерітіндісі қолданылған. Мұндай қышқылмен өңдеу НА агрегаттарының орташа мөлшерін 300 нм-ден 100 нм-ге дейін, ал бөлшектердің жеке өлшемдерін 6 нм-ден 4 нм-ге дейін азайтты. Функционалдау процесі сонымен қатар бөлшек бетінен sp^2 -көміртекті алып тастауды қамтыды, нәтижесінде карбоксил және гидроксил топтары пайда болды. Толықтырғыш осы функционалды топтар арқылы эпоксидті матрицамен байланысады, яғни НА пен полимер арасындағы фазааралық байланыстың жақсаруына алып келеді. Нәтижесінде НА концентрациясы небәрі 1% болған жағдайда композиттік материалдың созылу беріктігі 1,5% есе өсті. Созылу беріктігінің айтарлықтай артуы толтырғыштың төмен концентрациясында да оны беттік-функционалдау полимерлі матрицаларды тиімді күшейту үшін маңызды болатындығын көрсетеді, нәтижесінде материалдың аз салмағы сақталып отырып, сонымен бірге механикалық қасиеттері айтарлықтай артады.

Ван және т.б. [27] аммоний полифосфаты (АПФ) бар эпоксидті композиттің отқа төзімділігі мен беріктігіне сатылы функционалданған наноалмаздардың әсерін зерттеді. Олар НА қасиеттерін жақсарту мақсатында фосфорды (P), мысты (Cu) және (2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-ил) оксиді (ТЕМПО) қолданды. Құрамында 8% АПФ бар эпоксидті полимердің бастапқы шектеулі оттегі индексінің (LOI) мәні 24,3% болды, яғни бұл материал UL-94 V1 өрт қауіпсіздігі сынағынан өте алмады. Дегенмен, модификацияланған НА қосу композиттің отқа төзімділігін айтарлықтай жақсартады. НА-дың жоғары жылу өткізгіштігі композиттің бетінен жылуды жақсырақ таратуға ықпал етті, тұтану қаупін азайтты және жалынның таралуын бәсеңдетті. Сонымен қатар, наноматериалдардың белгілі тосқауыл әсері, бетінде кокс қабатының пайда болуымен бірге ұшпа жанғыш заттардың бөлінуін барынша азайтып, материалдың отқа төзімділігін одан әрі арттырды. Нәтижесінде LOI мәні 28,1%-ға дейін өсті, бұл UL-94 V0 өрт қауіпсіздігі классификациясына сәйкес келеді, бұл отқа төзімділік бойынша ең жоғары деңгей болып табылады. Осы зерттеу нәтижелері өртке бейім ортада композиттік материалдардың қауіпсіздігі мен беріктігін арттыру үшін функционалданған НА пайдаланудың тиімділігін көрсетеді.

Аталған зерттеулерде көрсетілген жақсы нәтижелерге қарамастан, бірнеше шектеулер де бар. Негізгі кемшіліктердің бірі – қасиеттердің артуына қол жеткізу үшін қажетті нанотолтырғыштардың салыстырмалы түрде жоғары мөлшері, концентрациясы 1%-дан 20%-ға дейін болуы керек. Толтырғыштың жоғары мөлшері шығындардың артуына, өңдеуді қиындатуға және икемділік немесе өңдеуге бейімділік сияқты материалдың басқа

қасиеттерінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, шығындарға сезімтал салаларда немесе мұндай материалдарға қол жетімділігі шектеулі аймақтарда шетелде өндірілетін қымбат нанотолтырғыштарды пайдалану бұл технологияларды кеңінен қолдануды шектеуі мүмкін. Бұл мәселелер НА және басқа нанотолтырғыштарды композиттік материалдарда пайдалануды оңтайландыруды көздейтін қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді, толтырғыштардың төмен концентрациясы және жергілікті көздерден алынған арзан материалдарды қолдану арқылы композиттердің негізгі қасиеттерін жақсартуға қол жеткізуге бағытталған.

Осы жұмыстың зерттеу бағыттарының бірі амин сірке қышқылымен химиялық модификацияланған нанотолтырғыштардың аз мөлшерін енгізу арқылы эпоксидті шайыр негізіндегі полимерлі матрицаның айтарлықтай нығаюына қол жеткізуді қамтамасыз ету. Амин сірке қышқылын функционалдаушы агент ретінде пайдалану бірнеше артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде нанотолтырғыштар мен эпоксидті матрица арасындағы үйлесімділікті, дисперсияны және алынатын композиттердің қасиеттерін жақсарту мүмкіндігі. Нанотолтырғыштардың нақты модификациясын қамтамасыз етіп және олардың полимер матрицасымен өзара әрекеттесуін түсіне отырып, бұл зерттеу алдыңғы зерттеулердің шектеулерін ескеріп, жоғары өнімділікті үнемділікпен және өңдеудің қарапайымдылығымен үйлестіретін композициялық материалдарды әзірлеуге бағытталған. Ұсынылып отырған тәсіл берік, қауіпсіз, экологиялық таза озық материалдарды жасауға мүмкіндік береді.

Материалдар мен зерттеу әдістері.

ЭД-20 эпоксидті шайыры Chimex Limited (Санкт-Петербург, Ресей) компаниясынан алынды. Амин түріндегі қатайтқышты да – полиэтилен полиамин (ПЭПА) Chimex Limited компаниясы шығарған.

Пластификатор ретінде тазалығы 95-99% трихлоропропилфосфат (ТХПФ) таңдалды. Бұл қосылыс Xuancheng City Trooyawn Refined Chemical Industry Co., Ltd (Қытай) Компаниясынан алынған. Трихлоропропилфосфат (ТХПФ) тек пластификаторлар ғана емес, сонымен бірге полимерлі материалдардың, әсіресе эпоксидті шайырлардың отқа төзімді қасиеттерін арттыруға ықпал ететін қоспа ретінде де шешуші рөл атқарады.

Полимер матрицасы ретінде ЭД-20 (салмағы бойынша 100 бөлік), полиэтилен полиамин (салмағы бойынша 15 бөлік) және ТХПФ тен (салмағы бойынша 40 бөлік) тұратын бұрын әзірленген композиция пайдаланылды [28].

Наноалмаздар (НА) және алюминий нитриді (AlN) эпоксидті композиттердің қасиеттерін одан әрі жақсарту үшін құрылымдық қоспалар ретінде енгізілді. Бұл нанотолтырғыштар құрылымды өзгертетін бірегей әсерлерін пайдалану үшін салмағы бойынша 1%-ға дейін аз мөлшерде қосылды.

Толтырғыш нанобөлшектерінің беті амин сірке қышқылының («Витареактив» ЖШҚ, Дзержинск, Ресей) көмегімен функционалдандырылды. Тиісті толтырғыштың 0,25 г ультрадыбыстық гомогенизатордың көмегімен 15 минут ішінде 50 мл H₂O-амин сірке қышқылының ерітіндісінде таратылды; амин сірке қышқылының концентрациясы 2,5%, 5,0%, 7,5% және 10,0% құрады. Содан кейін суспензия 12 сағат бойы 80°C температурада тұрақты төмен жылдамдықпен (100 айн/мин) араластырылды. Нанотолтырғыш бөлшектерінің айналасындағы артық амин сірке қышқылын бөлу үшін суспензия центрифугаланып, тазартылған сумен екі рет жуылды. Содан кейін алынған өнім 5 сағат бойы 80°C температурада кептірілді.

Толтырғыштардың таңдалған мөлшері эпоксидті шайырда 22±2 кгц жиілікте және қуаты 400 Вт ультрадыбыс көмегімен 60 минут бойы біркелкі таратылды. Содан соң алынған композицияны қатайту үшін салмағы бойынша 15 бөлік ПЭПА қосылды. Қоспа қатаю алдында 25±5°C температурада 30 минут бойы вакуумда газсыздандырылды. Барлық үлгілер 24±1 сағ бойы 25±2°C температурада қатайтылды, содан кейін 90±5°C және 120±5°C температурада 2 сағ бойы термиялық өңделді.

НА және AlN бөлшектерінің морфологиясы Tescan Vega 3 SBH сканерлеуші электронды микроскопының (Брно, Чехия) көмегімен зерттелді. Бөлшектердің өлшемдерінің таралуы Zetasizer Nano S (Малверн, Вустершир, Ұлы Британия) аспабында лазерлік дифракция әдісімен анықталды.

Time Group Inc компаниясы шығарған WDW-5е сынақ машинасы (Пекин, Қытай) созылу және иілу күштерін анықтау үшін пайдаланылды. Үлгілер сәйкесінше созылу және иілу күштерін анықтау үшін 5 және 50 мм/мин жылдамдығымен сыналды. Иілудің беріктігі мен иілу модулін анықтау үшін қалыңдығы 4 мм, ені 10 мм және ұзындығы 80 мм блоктар түріндегі үлгілерде сынақтар жүргізілді. Созылу беріктігі мен созылу модулін анықтау үшін қалыңдығы 4 мм, ені 10 мм және жұмыс бөлігінің ұзындығы 50 мм шпатель түріндегі үлгілерде сынақтар жүргізілді. LCT-50D соққы сынағы (Beijing United Test Co., Ltd., Пекин, Қытай) әсердің соққыға қарсы тұрақтығын анықтау үшін пайдаланылды.

Вика бойынша ыстыққа төзімділік B50 әдісі бойынша анықталды - жүктеме 50Н; температураның көтерілу жылдамдығы 50°/сағ. Үлгілерді қыздыру кезінде массаның өзгеруі, массаның өзгеру жылдамдығы және жылу эффектілерінің мәндері термогравиметриялық талдау әдісін қолдана отырып, «Paulik-Paulik-Erdey» жүйесінің Q-1500D маркалы дериватографын қолдана отырып зерттелді. Талдау шарттары: үлгілердің салмағы – 100 мг, орта – ауа, қыздыру аралығы – 800°С дейін, қыздыру жылдамдығы – 10°С/мин, салыстырмалы қателік 1%-дан аспайды.

Жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау ITP-MG4 «100» құрылғысында жүргізілді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Эпоксидті композиттерді модификациялау үшін қолданылатын екі түрлі наноматериалдардың бөлшектерінің орташа мөлшері сулы ерітіндіде лазерлік дифракция әдісімен анықталды. Зерттеу нәтижелері 1-ші кестеде келтірілген.

Кесте 1 – НА және AlN бөлшектерінің фракциялық құрамы

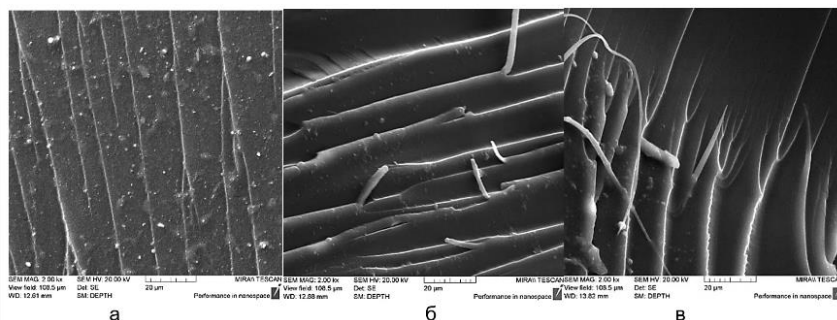
Материал	Бөлшектер өлшемдерінің таралуы	Бөлшектердің басым өлшемі	Бөлшектердің басым өлшемінің пайызы
Наноалмаз	300-500 нм	400 нм	>70%
Алюминий нитриді	400-680 нм	470 нм	>90%

Наноалмаз бөлшектерінің өлшемдері 300-ден 500 нм-ге дейін мономодальды таралған, бөлшектердің 70%-дан астамы 400 нм-ге шоғырланған, ал AlN фракциясы 400-ден 680 нм-ге дейінгі диапазонда таралуды көрсетті, 470 нм өлшемді бөлшектердің айтарлықтай басым болуы байқалды.

Эпоксидті композиттердің құрылымын зерттеу наноалмаздар (НА) және алюминий нитриді (AlN) сияқты нанобөлшектері жоқ бастапқы эпоксидті полимердің сыну беті салыстырмалы түрде тегіс құрылымды анықтады (Сурет 1а), бұл жарылуға төзімділіктің төмендігін көрсетеді. Алайда, жоғарыда аталған нанобөлшектерді эпоксидті матрицаға енгізу оның морфологиясын түбегейлі өзгертеді. НА және AlN қосылуы сыну бетіндегі ақаулардың көбеюіне әкеледі (Сурет 1б, в), полимер матрицасын сындыру үшін қажет жоғары энергияның айқын көрсеткіші. Осы нанобөлшектердің бетіндегі функционалдық топтар сыну бетінде тереңірек және ұзартылған ақауларды тудырады, бұл композиттік жүйенің сыну энергиясының шекті мәнінің айтарлықтай жоғарылауын көрсетеді. Матрица мен функционалданған нанобөлшектер арасындағы фазааралық әрекеттесу нанобөлшектердің жоғары беттік энергиясымен қоса, сыну заңдылықтарын күрт өзгертеді. Әдеттегі морт сынғыштықтан басқа, эпоксидті композиттің сынуы кезінде материал ағынының локализацияланған аймақтарын көрсетеді. Сонымен қатар, пластикалық деформацияның кейбір аймақтарында полимер матрицасының едәуір созылуына байланысты пайда болған айқын талшықты құрылымдар көрінеді. Бұл құбылыс эпоксидті матрица-нанобөлшек фазаларының арасында шекаралық қабаттың пайда болуының нәтижесі болуы мүмкін, мұнда нанобөлшектер жүктемені тиімді көтереді және механикалық кернеу кезінде эпоксидті қабаттарда ығысуды тудырады.

Байқалған пластикалық деформациялар, әсіресе сыну жоталарында, аминсірке қышқылымен өңделген НА және AlN нанобөлшектері қатты фазалы қатайтқыш ретінде жұмыс істей алады деген гипотезаны қолдайды. Нанобөлшектердің беттерін функционалдау композиттік құрылымды нығайта отырып, толтырғышты олигомердің эпоксидті топтарымен тығыз байланыстыруға ықпал етеді.

Осы факторлардың толық әсері эпоксидті композиттік жүйенің беріктігінің жоғарылауы, ең алдымен, микрожарықтардың пайда болуы мен таралуына қажетті энергияның жоғарылауымен байланысты екенін көрсетеді.



Сурет 1 – Эпоксидті композиттік үлгілердің СЭМ бейнелері

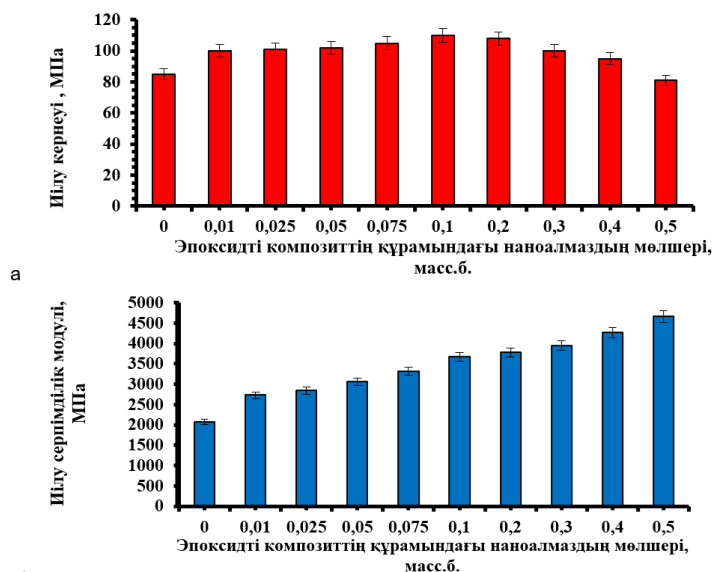
а – толтырғыш нанобөлшектері қосылмаған эпоксидті композиция;

б – амин сірке қышқылымен функционалданған наноалмазбен модификацияланған эпоксидті композит;

в – амин сірке қышқылымен функционалданған алюминий нитридімен модификацияланған эпоксидті композит

Максималды механикалық қасиеттерді қамтамасыз ететін нанотолтырғыштың оңтайлы мөлшері мен қажетті функционалдаушы агенттің (амин сірке қышқылы) оңтайлы концентрациясын анықтау үшін кешенді зерттеу жүргізілді.

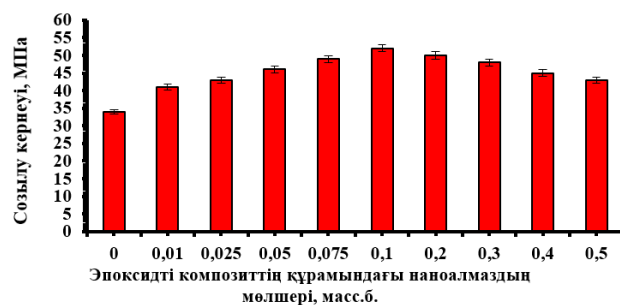
Бірінші кезекте максималды күшейтуді қамтамасыз ету үшін бастапқы нано-дисперсті толтырғыштардың (НА және AlN) оңтайлы концентрациясы анықталды. Наноалмаздар эпоксидті матрицаға келесі мөлшерлерде енгізілді: 0,01; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 және 0,5 массалық бөлік (масс.б.). 2-4 – суреттерде келтірілген қисықтарды талдау НА мөлшерін 0-ден 0,1 масс.б-ке дейін арттыру беріктіктің барлық параметрлерінің жоғарылауын (иілу кернеуі, иілу серпімділік модулі, созылу кернеуі, созылу серпімділік модулі, соққыға қарсы беріктігі) қамтамасыз ететіндігін көрсетті, алайда НА мөлшерін 0,1-ден 0,5 масс.б-ке дейін арттырған кезде, зерттелген параметрлердің шамалы төмендеуі байқалады.



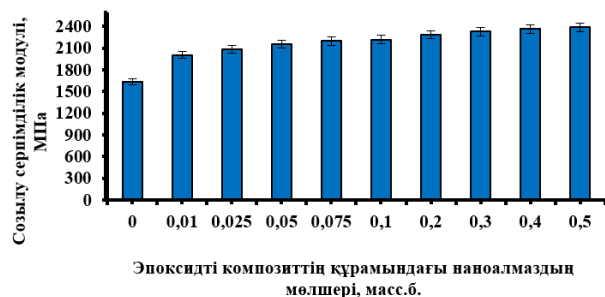
Сурет 2 – Эпоксидті композиттің иілу кернеуінің (а) және иілу серпімділік модулінің (б) НА мөлшеріне тәуелділігі

Алынған нәтижелерге сәйкес, эпоксидті композитті максималды күшейтуді қамтамасыз ететін НА-дың оңтайлы мөлшері 0,1 масс.б-ке тең болды. НА жоқ эпоксидті композициямен салыстырғанда НА-дың аталған мөлшері қосылған композиттің сыну кернеуі 30%-ға және иілу модулі 77%-ға, сыну кернеуі 53%-ға және созылу модулі 36%-ға, соққы беріктігі 55%-ға жоғарылайды (Сурет 2-4).

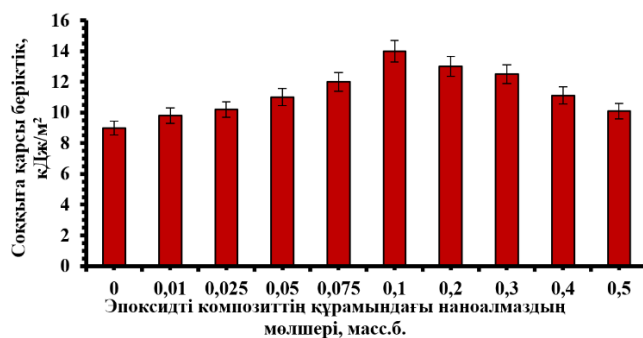
AlN эпоксидті құрамға келесі мөлшерде енгізілді: 0.01; 0.025; 0.05; 0.075; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4 және 0.5 масс.б. 5-7 Суреттерде келтірілген қисықтарды талдау нәтижесінде, AlN мөлшері 0-ден 0,05 масс.б-ке дейін артқан кезде барлық беріктік параметрлерінің (иілу беріктігі мен серпімділік модулі, созылу беріктігі мен серпімділік модулі, соққы беріктігі) жоғарылауы қамтамасыз етілетіндігі, бірақ AlN мөлшерін 0,05-тен 5,0 масс.б-ке дейін арттыру кезінде, зерттелген параметрлердің сәл төмендеуі байқалады.



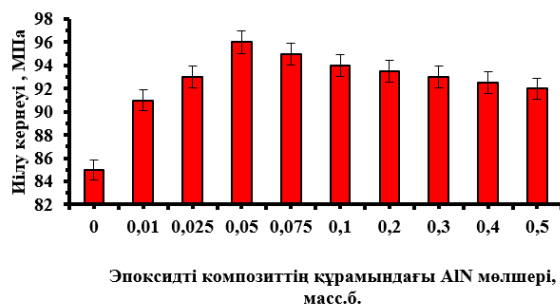
а



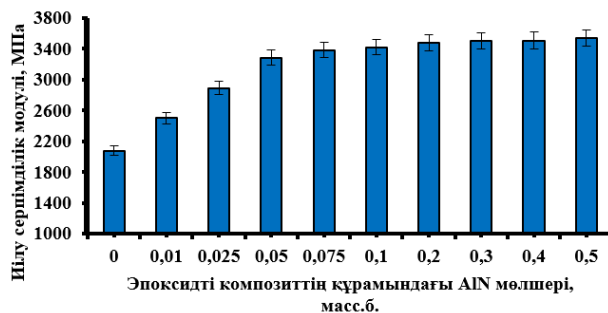
Сурет 3 – Эпоксидті композиттің созылу кернеуінің (а) және созылу серпімділік модулінің (б) құрамындағы НА мөлшеріне тәуелділігі



Сурет 4 – Эпоксидті композиттің соққыға қарсы беріктігінің құрамындағы НА мөлшеріне тәуелділігі



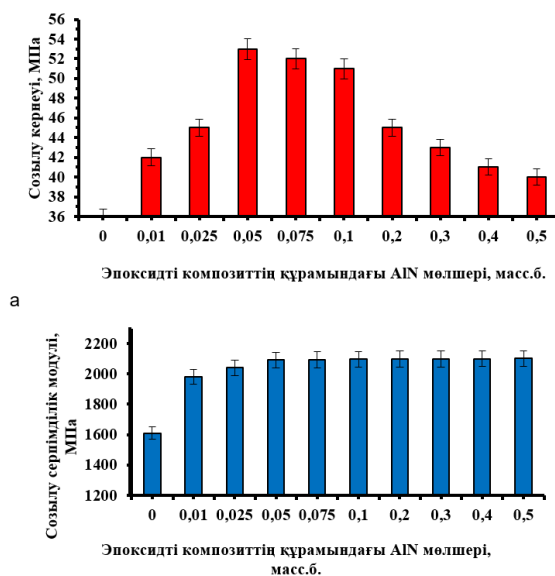
а



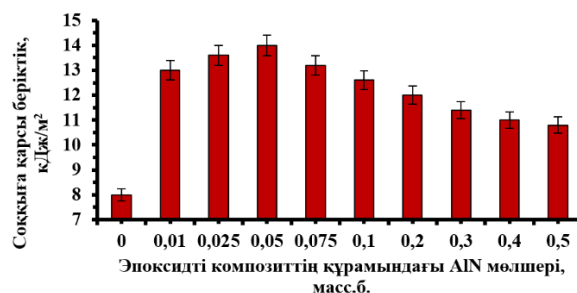
Сурет 5 – Эпоксидті композиттің иілу кернеуінің (1) және иілу серпімділік модулінің (2) композициядағы AlN құрамына тәуелділігі

Алынған нәтижелерге байланысты эпоксидті композитті максималды күшейтуді қамтамасыз ететін AlN оңтайлы мөлшері 0,05 масс.б. екендігі туралы қорытынды жасауға болады. Құрамында AlN жоқ бастапқы эпоксидті композициямен салыстырғанда AlN аталған мөлшері қосылған композиттің сыну кернеуі 13%-ға және иілу модулі 58%-ға, сыну кернеуі 56%-ға және созылу модулі 30%-ға, соққы беріктігі 56%-ға жоғарылайды (сурет 5-7).

Нанотолтырғыштың мөлшері оңтайлы шамадан төмен немесе жоғары болғанда композиттің беріктігінің төмендеуі полимер матрицасы мен нанотолтырғыш бөлшектерінің тиімсіз әрекеттесуінің нәтижесі болып табылады. Толтырудың төмен дәрежелерінде композит көлеміндегі бөлшектер бір-бірінен салыстырмалы түрде алшақ орналасады, сондықтан жарықшақты кешіктіру әсері айтарлықтай төмендейді. Толтырудың жоғары дәрежелерінде бөлшектер тығыз орналасады жарықшақтың алдыңғы жағының жеке бөлшектермен әрекеттесуі тоқтайды.

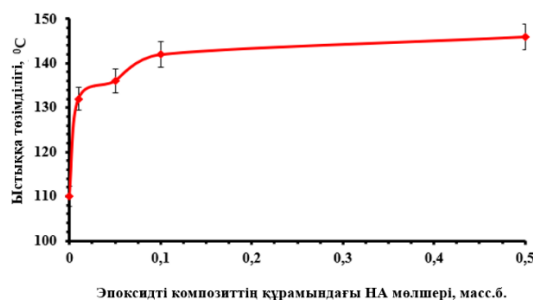


Сурет 6 - Эпоксидті композиттің созылу кернеуінің (а) және созылу серпімділік модулінің (б) құрамындағы AlN мөлшеріне тәуелділігі



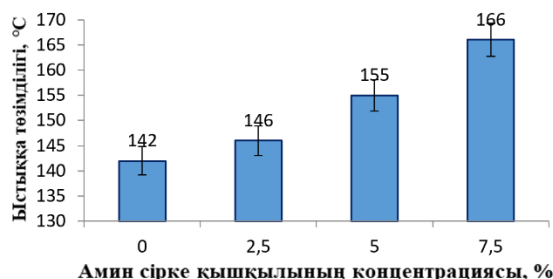
Сурет 7 – Эпоксидті композиттің соққыға қарсы беріктігінің құрамындағы AlN мөлшеріне тәуелділігі

Эпоксидті композитке наноалмаздарды 0,01-ден 0,5 масс.б-ке дейінгі мөлшерде енгізу композиттің ыстыққа төзімділігін сәйкесінше 110°C-тан 132-146°C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді (сурет 8).



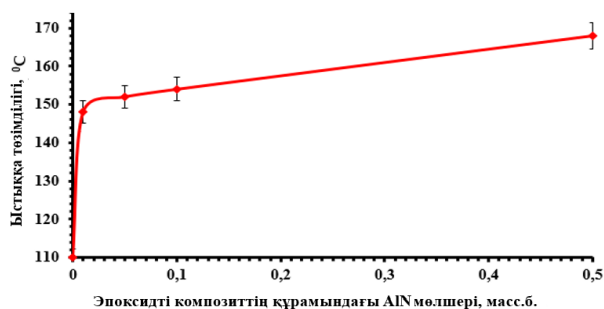
Сурет 8 – Эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігінің AlN мөлшеріне тәуелділігі

Сонымен қатар, амин сірке қышқылымен өңделген наноалмаздарды енгізу эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін арттыруды қамтамасыз етеді. Наноалмаздарды өңдеу үшін қолданылатын аминсірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, эпоксидті нанокомпозиттің ыстыққа төзімділігі соғұрлым жоғары болатыны анықталды. Осылайша, аминсірке қышқылының концентрациясын 2,5%-дан 7,5%-ға дейін арттыру құрамына 0,1 масс.б. НА кіретін эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін 142°C-тан 146-166°C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді (сурет 9).



Сурет 9 – Құрамында 0,1 масс.б. наноалмаздар бар эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігінің амин сірке қышқылының концентрациясына тәуелділігі

Эпоксидті композитке 0,01-ден 0,5 масс.б-ке дейінгі мөлшерде өңделмеген AlN енгізу композиттің ыстыққа төзімділігін 110°C-тан 148-168°C-қа дейін арттырады (сурет 10).



Сурет 10 – Эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігінің AlN мөлшеріне тәуелділігі

Амин сірке қышқылымен өңделген AlN енгізу эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін тиімдірек арттыруды қамтамасыз етеді, және де AlN өңдеу үшін қолданылатын амин сірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, эпоксидті нанокомпозиттің ыстыққа төзімділігі соғұрлым жоғары болады. Осылайша, амин сірке қышқылының концентрациясын 2,5%-дан 7,5%-ға дейін арттыру құрамында 0,05 масс.б. AlN бар эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін 152°C-тан 160-182°C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді (сурет 11).

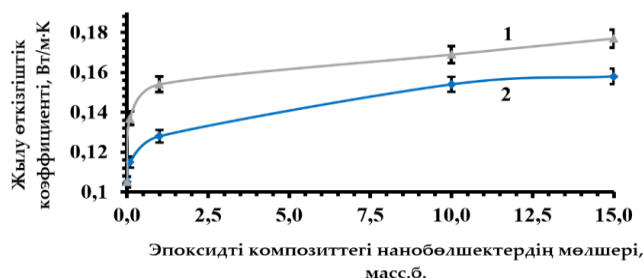


Сурет 11 – Құрамында 0,05 масс.б. AlN бар эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігінің амин сірке қышқылының концентрациясына тәуелділігі

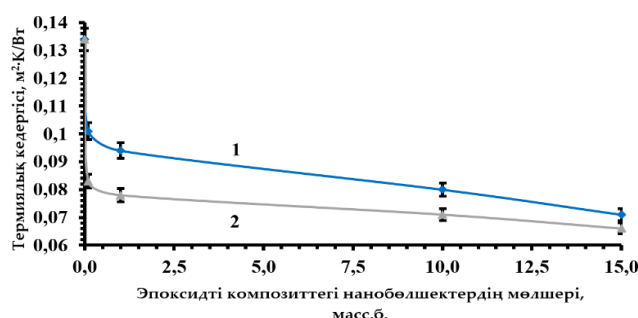
Электрлік және электронды жабдықтарда қолданылатын қосылыстардың жылу өткізгіштігі маңызды сипаттама болып табылады. Көп жағдайда эпоксидті шайырлардың жылу өткізгіштігі салыстырмалы түрде төмен ~0,1 Вт/м·К. Демек, жергілікті қызу кезінде эпоксидті материалдар жылу оқшаулау ретінде жұмыс істейді, бұл жоғары жылу кедергісі бар

компоненттерді пайдалануды немесе жылуды сыртқа шығаратын арнайы жабдықтарды пайдалануды қажет етеді, әйтпесе композиттің қызып кетуі және термиялық ыдырауы мүмкін.

Осыған байланысты эпоксидті композиттерге нанобөлшектердің (НА және АІN) әртүрлі мөлшерін енгізудің эпоксидті нанокомпозиттердің жылу өткізгіштігіне және термиялық кедергісіне әсері зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде эпоксидті құрамға наноалмаздарды 0,1-ден 15 масс.б-ке дейінгі мөлшерде енгізу жылу өткізгіштік коэффициентінің 0,105-тен 0,115-0,158 Вт/м·к-ге дейін жоғарылауын қамтамасыз ететендігі анықталды, бұл бастапқы эпоксидті композицияға қарағанда 10-50% жоғары (сурет 12, қисық 1). Термиялық кедергісінің 0,134-тен 0,071-0,101 м²·К/Вт-қа дейін төмендеуі байқалды (сурет 13, қисық 1).



Сурет 12 – Эпоксидті композиттің жылу өткізгіштік коэффициентінің нанобөлшектердің мөлшерлеріне тәуелділігі: 1-НА; 2-АІN



Сурет 13 – Эпоксидті композиттің термиялық кедергісінің нанобөлшектердің мөлшерлеріне тәуелділігі: 1-НА; 2-АІN

Эпоксидті композитке 0,1-ден 15 масс.б-ке дейінгі мөлшерде АІN енгізу жылу өткізгіштік коэффициентінің 0,105-тен 0,137-0,177 Вт/м·к-ге дейін жоғарылауын қамтамасыз етеді, бұл бастапқы эпоксидті композицияға қарағанда 30-69% жоғары (сурет 12, қисық 2), ал термиялық кедергісі 0,134-тен 0,066-0,083 м²·К/Вт-қа дейін төмендейді (сурет 13, қисық 2).

Эпоксидті композитке бастапқы және функционалданған нанобөлшектерді (НА және АІN) енгізу композиттің отқа төзімділігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді, бұл ауада тұтанған кезде массаның жоғалуының 2,3-тен 1,9-2,1%-ға дейін төмендеуімен және композиттің жанғыштық индексінің (оттегі индексі) 31-ден 31,5-34 %-ға дейін жоғарылауымен дәлелденеді. Нанобөлшектермен модификацияланған композиттер ауадағы жануды қолдамайды және жанбайтын материалдар класына жатады (кесте 2).

Кесте 2 – Эпоксидті композиттердің физика-химиялық қасиеттері

Композиттың құрамы, 15 масс.б. ПЭПА-мен қатайтылған	Δm, %	ОІ, көлемдік %
100ЭД-20 + 40ТХПФ	2,3	31,0
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА	2,1	31,5
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА _(амин сірке қышқылы)	1,9	34,0
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05АІN	2,2	31,5
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05АІN _(амин сірке қышқылы)	2,1	32,0

Ескертпе: Δm – ауада тұтану кезіндегі массаның жоғалуы; ОІ – оттегі индексі.

Осылайша, жүргізілген зерттеулердің нәтижелері өңделмеген және амин сірке қышқылымен модификацияланған НА және АІN нанобөлшектерін енгізу эпоксидті композиттердің ыстыққа төзімділігінің жоғарылауын қамтамасыз ететінін және нанобөлшектерді өңдеу үшін қолданылатын амин сірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, ыстыққа төзімділік соғұрлым жоғары болатынын көрсетті.

Сонымен қатар, эпоксидті композицияға өңделмеген және функционалданған нанобөлшектерді (НА және AlN) енгізу эпоксидті композиттің отқа төзімділігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді.

Қорытынды

Модификацияланған және модификацияланбаған нанотолтырғыштардың (наноалмаздар және алюминий нитриді) эпоксидті полимердің құрылымдық түзілу процестеріне әсері зерттелді. Амин сірке қышқылының, эпоксидті олигомердің және нанотолтырғыштардың функционалдық топтарын химиялық байланыстыруын қамтамасыз ететін функционалдаушы агенттің (амин сірке қышқылы) оңтайлы концентрациясы анықталды, бұл бөлшектердің (НА және AlN) мөлшерлері мен таралуына жақсы әсер етеді (сәйкесінше 5% және 7,5%). Сонымен қатар құрамында амин сірке қышқылымен өңделген толтырғыштардың нанобөлшектері бар эпоксидті композиттердің максималды беріктік сипаттамаларын қамтамасыз етеді, яғни барлық зерттелген қасиеттердің 6-50%-ға артуы байқалды.

Эпоксидті композиттердің құрылымына және олардаң нығаюына өңделмеген және функционалданған нанобөлшектердің әсері анықталды. Модификацияланбаған және модификацияланған нанотолтырғыштары бар эпоксидті композиттердің физикалық-механикалық қасиеттері (иілу беріктігі және иілу серпімділігі модулі, созылу беріктігі және созылу серпімділігі модулі, соққыға төзімділігі) зерттелді.

Эпоксидті композиттердегі нанобөлшектердің оңтайлы мөлшері таңдалды. Наномодификациялаушы қоспа ретінде НА-дың ең ұтымды мөлшері 0,1 масс.б. құрады, осы мөлшерде толтырғыш қосылғанда физикалық-механикалық қасиеттердің максималды мәндері байқалды: иілудің сыну кернеуі 30%-ға, иілу модулі 77%-ға, созылудың сыну кернеуі 53%-ға және созылу модулі 36%-ға, соққыға төзімділік 55%-ға артты.

Наномодификациялаушы қоспа ретінде AlN оңтайлы мөлшері 0,05 масс.б. құрайды. Физикалық-механикалық қасиеттердің максималды мәндеріне осы AlN мөлшері қол жеткізеді: иілудің сыну кернеуі 13%-ға және иілу модулі 58%-ға, созылу үзілу кернеуі 56%-ға және созылу модулі 30%-ға, соққыға төзімділік 56%-ға артты.

Эпоксидті композитке амин сірке қышқылымен өңделген нанотолтырғыштарды енгізу өңделмеген нанотолтырғыштары бар композиттік материалдың сипаттамаларымен салыстырғанда барлық зерттелген физикалық және механикалық сипаттамалардың айтарлықтай жақсарғанын көрсетті.

НА және AlN нанобөлшектерін енгізу эпоксидті композиттердің ыстыққа төзімділігін сәйкесінше 110°C-тан 148-168°C-қа және 152°C-тан 160-182°C-қа дейін артатыны анықталды. Сонымен қатар, нанобөлшектерді амин сірке қышқылымен өңдеу эпоксидті композиттердің ыстыққа төзімділігін тиімдірек арттыруды қамтамасыз ететіні және нанобөлшектерді өңдеу үшін қолданылатын амин сірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, эпоксидті нанокомпозиттің ыстыққа төзімділігі соғұрлым жоғары болатыны көрсетілді.

Эпоксидті композитке өңделмеген және функционалданған нанобөлшектерді (НА және AlN) енгізу композиттің отқа төзімділігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді, бұл ауада тұтанған кезде массаның жоғалуының 2,3-тен 1,9-2,1%-ға дейін төмендеуімен және композиттің жанғыштық индексінің (оттегі индексі) 31-ден 31,5-34 %-ға дейін жоғарылауымен сипатталады. Алынған нанокомпозиттер жанғыш емес және оларды тұтануы қиын материалдар класына жатқызуға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Necar M. Mechanical and Moisture Barrier Properties of Epoxy–Nanoclay and Hybrid Epoxy–Nanoclay Glass Fibre Composites: A Review / M. Necar, A. Farhan, M.S. Mian // *Polymers*. – 2022. – № 14. – P. 1620.
2. Review article: Polymer-matrix nanocomposites, processing, manufacturing and application: An overview / F. Hussain et al // *Journal of Composite Materials*. – 2006. – № 40(17). – P. 1511-1575.
3. Mihajlin YU.A. Konstrukcionnye polimernye kompozicionnye materialy / YU.A. Mihajlin. – 2-e izd. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii. – 2010. – 822 s.
4. Kislova YU. Rossijskij rynek epoksidnyh smol / YU. Kislova // *Kompozitnyj mir*. – 2009. – № 12. – С. 20-21.

5. Kadykova YU.A. Razrabotka bazal'tonapolnennykh epoksidnykh kompozitov s povyshennym kompleksom svoystv / YU.A. Kadykova // Dizajn. Materialy. Tekhnologiya. – 2012. – № 5(25). – С. 124-128.
6. Advances and Future Outlook in Epoxy / J.S. George et al // Graphene Composites for Anticorrosive Applications. Prog. Org. Coat. – 2022. – № 162. – P. 106571.
7. Wear of Epoxy Composites with Sludge Filler by Means of Cutting Tool Grinding under a Shock-Abrasive Impact / A.M. Mikhailchenkov et al // J. Mach. Manuf. Reliab. – 2022. – № 51. – P. 126-131.
8. Xiang Q. Applications of Epoxy Materials in Pavement Engineering / Q. Xiang, F. Xiao // Constr. Build. Mater. – 2020. – № 235. – P. 117529.
9. A Review on the Self-Healing Ability of Epoxy Polymers / F. Zhang et al // J. Appl. Polym. Sci. – 2021. – № 138. – P. 50260.
10. Mikhail'chenkov A.M. Influence of the Concentration and Particle Size of the Filler in Epoxy – Gravel Composite on the Resistance to Contact Deformation When Introducing a Solid Sphere / A.M. Mikhail'chenkov, S.A. Fes'kov, I.V. Kozarez // Russ. Eng. Res. – 2023. – № 43. – P. 972-975.
11. Malekshahinezhad K. Amine-Functionalized TiO₂ Nanoparticles Covalently Loaded into Epoxy Networks via Thermal and Microwave Curing Processes / K. Malekshahinezhad, A. Ahmadi-khaneghah, H. Behniafar // Macromol. Res. – 2020. – № 28. – P. 567-572.
12. Mozaffarinasab H. Surface Modification of Carbon Nanotubes by a Bifunctional Amine Silane; Effects on Physical / Mechanical / Thermal Properties of Epoxy Nanocomposite / H. Mozaffarinasab, M. Jamshidi // Prog. Org. Coat. – 2023. – № 179. – P. 107521.
13. Enhancement of Thermo-Mechanical Stability for Nanocomposites Containing Plasma Treated Carbon Nanotubes with an Experimental Study and Molecular Dynamics Simulations / H. Jung et al // J. Sci. Rep. – 2020. – № 10. – P. 405.
14. Engineering the Interfacial Adhesion in Basalt / M.C. Seghini et al // Epoxy Composites by Plasma Polymerization. Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. – 2019. – № 122. – P. 67-76.
15. A Review on Microwave Irradiation to the Properties of Geopolymers: Mechanisms and Challenges / Y. Sun et al // Constr. Build. Mater. – 2021. – № 294. – P. 123491.
16. Effect of Microwave Irradiation at Different Stages of Manufacturing Unsaturated Polyester Nanocomposite / A. Shcherbakov et al // Polymers. – 2022. – № 14. – P. 4594.
17. Domingues D. The Use of an Electric Field in the Preparation of Glass Fibre/ D. Domingues, E. Logakis, A.A. Skordos // Epoxy Composites Containing Carbon Nanotubes. Carbon. – 2012. – № 50. – P. 2493-2503.
18. Tests of Physicochemical and Mechanical Strength Properties of Polymer Composites on an Epoxy Resin Matrix / E. Miekos et al // Modified by a Constant Magnetic Field. Materials. – 2022. – № 15. – P. 6730.
19. Hetemi D. Surface Functionalisation of Polymers / D. Hetemi, J. Pinson // Chem. Soc. Rev. – 2017. – № 46. – P. 5701-5713.
20. Reinforcement of Epoxy Resin by Additives of Amine-Functionalized Graphene Nanosheets / T.Y. Yung et al // Coatings. – 2021. – № 11. – P. 35.
21. Study on the Mechanical and Toughness Behavior of Epoxy Nano-Composites with Zero-Dimensional and Two-Dimensional Nano-Fillers / X. Li et al // Polymers. – 2022. – № 14. – P. 3618.
22. Highly Thermally Conductive Epoxy Composites with AlN/BN Hybrid Filler as Underfill Encapsulation Material for Electronic Packaging / W.A. Lee Sanchez et al // Polymers. – 2022. – № 14. – P. 2950.
23. Schrand A.M. Nanodiamond Particles: Properties and Perspectives for Bioapplications / A.M. Schrand, S.A.C. Hens, O.A. Shenderova // Crit. Rev. Solid State Mater. Sci. – 2009. – № 34. – P. 18-74.
24. Mechanical Properties of Epoxy Composites with High Contents of Nanodiamond / I. Neitzel et al // Compos. Sci. Technol. – 2011. – № 71. – P. 710-716.
25. Kim S.-H. Amine-Terminated Chain-Grafted Nanodiamond/ S.-H. Kim, K.Y. Rhee, S.-J. Park // Epoxy Nanocomposites as Interfacial Materials: Thermal Conductivity and Fracture Resistance. Compos. Part B Eng. – 2020. – № 192. – P. 107983.
26. Surface Functionalization and Structure Characterizations of Nanodiamond and Its Epoxy Based Nanocomposites / Y.A. Haleem et al // Compos. Part B Eng. – 2015. – № 78. – P. 480-487.

27. Coordinating Mechanical Performance and Fire Safety of Epoxy Resin via Functionalized Nanodiamond / Q. Wang et al // Diam. Relat. Mater. – 2020. – № 108. – P. 107964.
28. Effect of Phosphorus and Chlorine Containing Plasticizers on the Physicochemical and Mechanical Properties of Epoxy Composites / A. Bekeshev et al // J. Compos. Sci. – 2023. – № 7. – P. 178.

Қаржыландыру: Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары Білім Министрлігінің Ғылым Комитеті қаржыландырды (Грант № BR18574094).

Л.К. Тастанова¹, А.З. Бекешев¹, А.С. Мостовой², Р.О. Орынбасар^{1*}, А.К. Жумабекова³

¹ Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,
030000, Республика Казахстан, г. Актобе, улица Молдагулова, 34.

² Саратовский государственный технический университет имени Ю. Гагарина,
410054, Россия, г. Саратов, улица Политехническая, 77

³ Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова,
Республика Казахстан, г. Астана, ул. К. Мухамедханова 37

*e-mail: raihan_06_79@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ НАНО НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Целью исследования является изучение влияния нанонаполнителей (наноалмазы и нитрид алюминия) и их функционализации аминуксусной кислотой на структуру и физико-химические свойства полимерных композитов на основе эпоксидной смолы. В ходе исследования определены оптимальные концентрации аминуксусной кислоты и, необходимые для обеспечения равномерного распределения частиц наноалмазов (НА) – 5% и нитрида алюминия (AlN) – 7,5% в полимерной матрице. Установлено, что указанные концентрации функционализирующего агента приводят к значительному повышению механических свойств композитов: в результате введения функционализированных нанонаполнителей отмечено повышение прочности на изгиб, модуля упругости, прочности на растяжение, ударопрочности и термостойкости эпоксидных композитов. Максимальное увеличение свойств составило от 6 до 50%. Наивысшие механические и термические характеристики были достигнуты при введении в композиты 0,1 масс.ч. НА и 0,05 масс.ч. AlN, это привело к увеличению термостойкости от 100-110°C до 132-168°C. Как нетронутые, так и функционализированные наночастицы приводят к повышению огнестойкости композитов, снижая потери массы и увеличивая кислородный индекс. Полученные нанокompозитные материалы обладают исключительными механическими, термическими и пожаробезопасными свойствами, что позволяет рекомендовать их для применения в отраслях, где прочность и огнестойкость имеют решающее значение.

Ключевые слова: композит, эпоксидный олигомер, функционализация, нанонаполнитель, аминуксусная кислота, модификация.

L.K. Tastanova¹, A.Z. Bekeshev¹, A.S. Mostovoy², R.O. Orynbasar^{1*}, A.K. Zhumabekova³

¹ Aktobe Regional University named after K. Zhubanov,
030000, Republic of Kazakhstan, Aktobe, Moldagulova street, 34

² Saratov State Technical University named after Y. Gagarin,
410054, Russia, Saratov, Politehnicheskaya Street, 77

³ Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov,
Republic of Kazakhstan, Astana, K. Mukhamedkhanov STR. 37

*e-mail: raihan_06_79@mail.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE FUNCTIONALIZATION OF NANO FILLERS ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES

The purpose of the study is to study the influence of nanofiller (aluminum nitride and nanoalmas) on the structure and physical and chemical properties of epoxy polymer composites and surface functionality of these nanoparticles with amino acetic acid. In the course of the study, the optimal concentrations of 5% and 7.5% of the amino acetic acid required to ensure uniform distribution of nanoalmas (NA) and aluminum nitride (AlN) particles in the polymer matrix. It was found that the listed concentrations of the functionalizing agent lead to a significant increase in the mechanical properties of composites: as a result of the introduction of functionalized nanofillers with nano-fillers, an increase in bending strength, modulus of elasticity, tensile strength, impact resistance and heat resistance of epoxy composites was observed. The maximum increase was 6-50%. 0.1 drunk. HA and 0.05 drunk.H. With the introduction of AlN, the greatest mechanical and thermal

characteristics were achieved, that is, this led to an increase in heat resistance from 100-110°C to 132-168°C. Pure and functional nanoparticles have also increased fire resistance by reducing mass loss and increasing the oxygen index. In general, these nanocomposite materials have exceptional mechanical, thermal and refractory properties, which is very important for modern applications with stable strength and fire resistance.

Key words: Composite, epoxy oligomer, functionalization, nanofiller, amino acetic acid, modification.

Авторлар туралы мәліметтер

Ляззат Кнашевна Тастанова – химия ғылымдарының кандидаты, Мұнай газ ісі кафедрасының профессоры, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан республикасы, e-mail: lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

Амирбек Зарлыкович Бекешев – физика-математика ғылымдарының кандидаты, Физика кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

Антон Станиславович Мостовой – техника ғылымдарының кандидаты, Жаратылыстану-математика ғылымдары кафедрасының меңгерушісі м.а., «Функционалдық материалдар мен жүйелерді зерттеудің заманауи әдістері» зертханасының меңгерушісі, Ю. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Ресей. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>.

Райгүл Орынбасарқызы Орынбасар* – химия ғылымдарының кандидаты, Мұнай газ ісі кафедрасының доценті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті; e-mail: raihan_06_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

Арай Керимакынқызы Жұмабекова – химия ғылымдарының кандидаты, К. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университетінің қауымдастырылған профессоры, Астана қ., Қазақстан; e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-8953>.

Сведения об авторах

Лаззат Кнашевна Тастанова – кандидат химических наук, профессор кафедры нефтегазовое дело, Актыубинский региональный университет им. К. Жубанова, Республика Казахстан; e-mail: lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

Амирбек Зарлыкович Бекешев – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, Актыубинский региональный университет имени К. Жубанова, Республика Казахстан; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

Антон Станиславович Мостовой – кандидат технических наук, заведующий кафедрой естественных и математических наук, магистр наук, заведующий лабораторией «Современные методы исследования функциональных материалов и систем», Саратовский государственный технический университет имени Ю. Гагарина, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>.

Райгуль Орынбасаровна Орынбасар* – кандидат химических наук, доцент кафедры Нефтегазовое дело, Актыубинский региональный университет имени К. Жубанова, Республика Казахстан; e-mail: raihan_06_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

Арай Керимакыновна Жұмабекова – Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Казахстан; e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-8953>.

Information about authors:

Lazzat Knashevna Tastanova – candidate of chemical sciences, professor of the oil and gas department, Aktobe Regional University named after K. Zhubanova, Republic of Kazakhstan; e-mail: lyazzatt@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

Amirbek Zarlykovich Bekeshev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics, Aktobe Regional University named after K. Zhubanova, Republic of Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

Anton Stanislavovich Mostovoy – candidate of technical sciences, head of the department of natural and mathematical sciences, master of science, head of the laboratory «Modern methods of research of functional materials and systems», Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>.

Raigul Orynbasarovna Orynbasar* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Oil and Gas Department, Aktobe Regional University named after K. Zhubanova, Republic of Kazakhstan; e-mail: raihan_06_79@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6198-3018>.

Aray Kerimakynovna Zhumabekova – Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Kazakhstan; e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6743-8953>.

Редакцияға енуі 02.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 19.11.2024

Жариялауға қабылданды 20.11.2024

M. Toktarbek^{1*}, K.S. Sarahmet¹, G.Sh. Burasheva¹, B.K. Yeskaliyeva¹, Mehmet Ozturk²

¹al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71

²Mugla Sitki Kocman University,
Republic of Turkey, Mugla, Kötekli Campus 48000

*e-mail: meruyertkozha@mail.ru

OPTIMIZING THE EXTRACTION METHOD OF TANNINS FROM *ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK* AND THEIR BIOACTIVITY

Abstract: Plants are a raw material source for obtaining various biologically active complexes, and their isolation can be used to obtain new drugs with diverse biological activities. As sources of biologically active substances, plants of the genus *Alhagi*, the species *Alhagi Kirgisorum Schrenk* (zhantak – Kyrgyz camel thorn), are of great interest. *Alhagi Kirgisorum Schrenk*, which was collected during the flowering period in the Shelek district, Almaty region, in 2023, is an above-ground part of the plant species. Analysis of biologically active substances in plant raw materials, consideration of effective technological parameters for extracting biologically active complexes from plants using ultrasonic extraction, and study of the pharmacological activity of the obtained medicinal preparations are important issues. In order to isolate the complex of tannins from plant raw materials: 50% ethanol solvent and ultrasonic extraction and maceration methods, a ratio of raw materials: extractant – 1:8 was proposed. The composition of this plant is very rich in secondary metabolites, including tannin substances, and it is known that their share is 4,92%. The complex obtained by using two different methods: maceration and ultrasonic extraction was subjected to component analysis, and it was found that the extract obtained by ultrasonic extraction contained more tannin substances. The anticholinesterase biological activity of the complex showed 48,20±4,39% against AChE, 4,21±0,39% against BChE, antidiabetics by the α -Amylase inhibitory activity against was 2807,63±0,10, α -Glucosidase inhibitory activity was 183,51±0,80. Also, against oxidation process: ABTS⁺ assay 12,52±2,16 (6,25-50 μ g/mL), DPPH assay 15,70±0,46 (3,125-25 μ g/mL), CUPRAC 20,82±0,02 (6,25-50 μ g/mL) and according to β - carotene/linoleic acid analysis showed 38,73±0,75 (3,125-25 μ g/mL) activity.

Key words: *Alhagi Kirgisorum Schrenk*, minerals, polyflavans, biologically active complexes, extraction, pyrocatechol.

Introduction

Plants are a raw material source for obtaining various biologically active complexes, and their isolation can be used to obtain new drugs with diverse biological activities. Therefore, herbal medicines play an important role in treating several diseases. To expand the arsenal of domestic medicines and the production of herbal medicines, systematic research on plant resources is necessary [1].

Interest in obtaining substances from secondary metabolism in plants is growing in various fields: food, agricultural, chemical, and pharmaceutical industries. Close attention to plant metabolites is due to the diversity of their biological activities, environmental safety, and the absence of side effects. Plant objects are an irreplaceable source for obtaining many practically necessary and important substances; they have various types of pharmacological activity and require clarification of their structures to identify a certain «structure-activity» relationship [2-3].

As sources of biologically active substances, plants of the genus *Alhagi*, the species *Alhagi Kirgisorum Schrenk* (zhantak – Kyrgyz camel thorn), are of great interest.

In 1894, the German scientist Schrenk discovered a special type of *Alhagi* plant in the Balkhash region. This type of *Alhagi* grows only in Kazakhstan. In the 1800s, the Kazakhs were called Kyrgyz, and hence, this type of *Alhagi* was called Schrenk's Kyrgyz *Alhagi* (*Alhagi Kirgisorum Schrenk*). According to botanists, this species grows only in Kazakhstan, and it is considered endemic. In Central Asia, the common, *Persian*, and rare-leaved *Alhagi* species are grown. The

Alhagi species *Maurorum* grows in Mongolia, whereas the *Sparsipolia* species grows in China and Azerbaijan.

From this plant raw material, the biologically active substance «Alkhidin» (RK-M-3-№ 004762) and medicines based on it were created, developed, and registered in the Republic of Kazakhstan: alkhidine ointment (RK-M-3-№ 005155), syrup «Zhantak» (RK-M-3-№ 005301), and camel thorn tincture (RK-M-3-№ 005302), as a new domestic medicine.

The state programme for the development of the pharmaceutical and medical industry is aimed at reducing the dependence of Kazakhstan's healthcare on imports and providing safe medicines; therefore, the development of new methods for isolating biologically active complexes and phytochemical and pharmacological studies of domestic conventional herbal medicines is undoubtedly an urgent task [4].

The object of the study was the above-ground parts of plants of the genus *Alhagi*, the species *Alhagi Kirgisorum Schrenk* (zhantak – Kyrgyz camel thorn) collected during the flowering period in the Shelek district, Almaty region in 2023.

The purpose of this work was to perform a component analysis of plant raw materials, select optimal parameters to obtain the biologically active complex «Alkhidin» using the ultrasonic extraction method, and study the pharmacological activity of the developed herbal medicine.

Scientific novelty of the work

At the Al-Farabi Kazakh National University, a biologically active complex called «Alkhidine» was obtained via percolation method the *Alhagi Kirgisorum Schrenk* plant, which exhibits anti-inflammatory, wound-healing, hepatoprotective, and anti-oxidative properties. Currently, the scope of our work is within the framework of the AP19680131 project «Оптимизация способа получения активного комплекса и разработка новых лекарственных средств из растений семейства маревых и бобовых». Ultrasonic extraction and sublimation drying were used to achieve optimal outcomes.

Practical part

Materials and equipment

Plant materials, ethanol 96%, ultrasonic extractor, rotary evaporator, membrane pump, household refrigerator, freeze-drying (sublimation) apparatus, spectrophotometer, and distile water.

Research methods

The plant material collected during flowering was dried out of the sun and ground to a diameter of 4 mm. Extraction was performed to further study the ground raw material. The extraction was carried out using 2 different methods and compared.

Method 1 involves maceration.

Advantages:

- Simplicity and low price
- No special equipment is required

Disadvantages:

- Extraction time is long
- low efficiency for poorly soluble compounds

Method 2 involves ultrasonic extraction

Advantages:

- Speed and efficiency.
- Prevents the decomposition of thermolabile compounds at low temperatures

Disadvantages:

- The need for special equipment
- Due to ultrasonic extraction, if the temperature rises, some connections may be broken or the necessary substances oxidised.

The use of high-energy extraction methods, including microwave or ultrasonic extraction, has shown good results for the isolation of natural bioactive compounds from plant-based medicinal and food raw materials [5].

The ultrasonic extraction parameters that affect polyflavan release and antioxidant activity of extracts are ultrasound temperature, frequency, power, and extraction time [6].

The biologically active complexes obtained using two methods (maceration, ultrasonic extraction) was qualitatively evaluated.

The original qualitative analysis was conducted using the following algorithm:

A) 10 ml of a solution of 6,0% hydrochloric acid in 96% ethyl alcohol was added to 0,1 g of dry powder and heated for 20 min in a flask under reflux in a water bath. After cooling, a dark brown, red precipitate of phlobaphene is observed (can be diluted 1:1 with water).

Phlobaphene does not have a dark brown, the appearance of the colour is explained by the adsorption of proanthocyanidin (proanthocyanidins) on its surface.

B) add 5 ml of 96% ethyl alcohol and distilled water (in a volume ratio of 2:8) to 0,1 g of dry powder, in the presence of 2 ml of a solution of 1% vanillin in 70% sulphuric acid; A red condensation product of vanillin is formed with the phloroglucin ring of polyflavan (polyflavans) [7].

Polyflavan was determined using the following methodology:

Quantitative determination of polyflavans. Briefly, 0,1 g (precisely weighed) drug is placed in a conical flask with a capacity of 100 ml, 20 ml of 6% hydrochloric acid in ethyl alcohol 96% was added, the flask was connected to a reflux condenser, placed in a boiling water bath, and heated for 15 min with thorough stirring. The resulting solution was filtered through cotton wool into a 100 ml volumetric flask, and the volume of the solution was adjusted to the mark using 6% hydrochloric acid in ethyl alcohol 96% and mixed. 1 ml of the resulting solution was diluted with ethyl alcohol 96% to 10 ml.

The optical density of the solution was measured using a spectrophotometer at a wavelength of 550 nm in a cuvette with a layer thickness of 10 mm. Ethyl alcohol 96% was used as the reference solution.

The concentration of polyflavans in solution in milligrammes per 1 millilitre (mg/ml) is determined using a calibration graph constructed using cyanocobalamin solutions. The content of polyflavans in the preparation in percent (X) is calculated using the following formula:

$$X = \frac{C \times 100 \times 10 \times 100}{m \times 1 \times 1000}$$

Here, C – is the amount of polyflavan detected as shown in the calibration graph;

M – is the measured mass of the drug, g.

Results and discussion

Using one- and two-dimensional paper chromatography in different solvent systems with the help of special reagents, it was determined that tannins, ursolic acid, flavonol mono-, di-, and triglycoside, amino acids, and carbohydrates are the main groups of biologically active substances on the surface of the plant species *Alhagi kirgisorum* Schrenk.

During the determination of the main parameters of the studied raw material, it was found that the moisture content of the raw material reached 7,54%, and the share of extracted substances reached 41,05%. The ash level was 10,25%, and the sulphate ash level was 8,32%.

Quantitative numbers of biologically active substances: amino acids, carbohydrates, flavonoids, organic acids, and tannins in plant raw materials were determined (Figure 1).

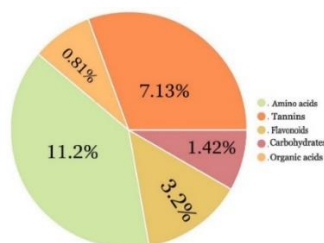


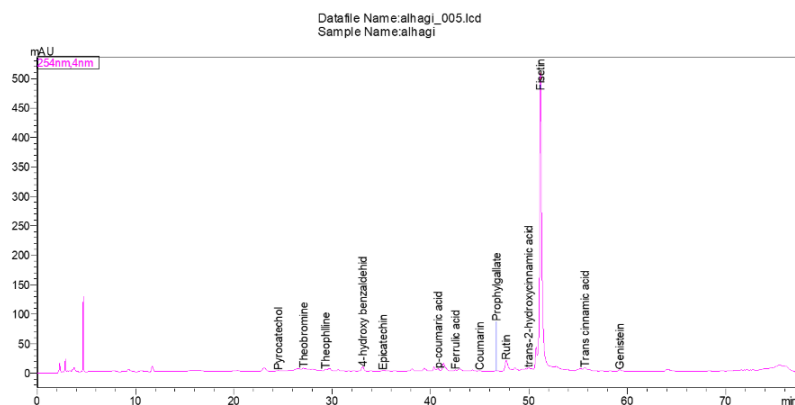
Figure 1 – Quantitative content of biologically active substances in the plant *Alhagi kirgisorum* Schrenk

Alhagi kirgisorum Schrenk identified mineral residues of the plant type. The presence of Ni in the raw materials was confirmed for the first time.

As a result of the HPLC analysis of the phenolic compounds in the extract obtained by the maceration method. (pyrocatechol 1.0 mg/g, epicatechin 2.34 mg/g, rutin 1.04 mg/g and fisetin 11.24 mg/g) were determined (the results of the analysis are shown in Figure 2).

Table 1 – Mineral substances in *Alhagi kirgisorum Schrenk* (µg/ml)

	Na	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Ni	Mn
<i>Alhagi kirgisorum Schrenk</i>	226,13	1414,44	652,86	359,20	1,59	0,51	11,61	0,36	3,37

Figure 2 – HPLC-DAD chromatogram of complex from *Alhagi kirgisorum Schrenk* at 254 nm. Mobile phase 0,1% acetic acid-methanol (gradient elution)

In previous studies, extraction of the biologically active complex alkhydin was carried out using the classic maceration method. Acetone was used as the extractant solution, ethyl alcohol was used to precipitate the alkhydin, and the extraction time was measured in hours. The polyflavan content in the drug obtained by the maceration method was 12,95%.

An ultrasonic extraction method was developed for the first time to optimise the extraction of alkyl compounds. The parameters considered during this extraction are: effective solution, time, temperature, and extraction order.

50%-70% ethyl alcohol was used in the solution calculation, extraction time was 60-120 minutes, brown extract obtained at room temperature (20-25 °C), filtered, concentrated in a rotary evaporator and dried in a concentrate sublimation apparatus.

The drug obtained via ultrasonic extraction is a light brown amorphous powder. It dissolves well in water and has a musky smell.

The next step was to determine the polyflavan compounds (30,6-52,4%) in the powder obtained by ultrasonic extraction.

The drug was sent to Mugla Sitka Kocman University in the Republic of Turkey for biological activity testing [8-10]. The research results were described as follows. Anticholinesterase biological activity showed 48,20±4,39% against AChE, 4,21±0,39% against BChE, α-Amylase inhibitory activity against diabetes was 2807,63±0,10, α-Glucosidase inhibitory activity was 183,51±0,80. Also against oxidation process: ABTS⁺ assay 12,52±2,16 (6,25-50 µg/ml), DPPH assay 15,70±0,46 (3,125-25 µg/ml), CUPRAC 20,82±0,02 (6,25-50 µg/ml) and activity of 38,73±0,75 (3,125-25 µg/ml) according to carotene/linoleic acid analysis.

Conclusion

Alhagi Kirgisorum Schrenk (zhantak – Kyrgyz camel thorn) is endemic and grows only in Kazakhstan. First, the authenticity indicators of plant raw materials were studied, and it was determined that the moisture content reached 7,54%, the ash level reached 10,25%, and the share of extracted substances reached 41,05%. Sufficient amounts of K, Na, Ca, Mg, Zn, and Fe minerals were found in plant raw materials. The composition of this plant is rich in secondary metabolites, including tannin substances, and its share is 4,92%. Component analyses of the complex obtained using two different methods (maceration and ultrasonic extraction) were performed, and it was found that the drug obtained by ultrasonic extraction contained more tannin substances. The anticholinesterase biological activity of the complex of tannins showed 48,20±4,39% against AChE, 4,21±0,39% against BChE, α-Amylase inhibitory activity against was 2807,63±0,10, α-Glucosidase inhibitory activity was 183,51±0,80. Also against the oxidation process: ABTS⁺ assay 12,52±2,16 (6,25-50 µg/ml), DPPH assay 15,70±0,46 (3,125-25 µg/ml), CUPRAC 20,82±0,02 (6,25-50 µg/ml) and according to β- carotene/linoleic acid analysis showed 38,73±0,75 (3,125-25 µg/mL) activity.

References

1. Alhagi: a plant genus rich in bioactives for pharmaceuticals / G. Muhammad et al // *Phytotherapy research*. – 2015. – V.29, №1. – P. 1-13. <https://doi.org/10.1002/ptr.5222>. (In English).
2. Rakhimov K.D. *Farmakologicheskoe i khimiko-farmatsevticheskoe issledovanie lekarstvennykh sredstv rastitel'nogo proiskhozhdeniya iz Alkhagi kirgizskoi (Alhagi kirgisorum Schrenk)* / K.D. Rakhimov, G.Sh. Burasheva, G.O. Ustenova. – Almaty, 2018. – 394 s. <http://e-kitap.kz/book/4866>. (In Russian).
3. Alhagi kirgisorum schrenk: technological aspects of its thick extract for the pharmaceutical application / H. Kukhtenko et al // *Agrobiodivers Improv Nutr Health Life Qual*. – 2022. – № 6(1). – P. 75-84. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2022.0009>. (In English).
4. Analysis of the current state of the pharmaceutical market of the republic of Kazakhstan / K. Zhakipbekov et al // *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. – 2023. – V. 42, № 2. – 57 P. <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2023.267787>. (In English).
5. Alchera F., Ginepro M., Giacalone G. Microwave-assisted extraction of polyphenols from blackcurrant by-products and possible uses of the extracts in active packaging // *Foods*. – 2022. – V.11. No.18. – 2727 p. <https://doi.org/10.3390/foods11182727>. (In English).
6. Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from chestnut processing waste using response surface methodology / I.T. Tomasi et al // *Journal of Cleaner Production*. – 2023. – V. 395. – 136452 p. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136452>. (In English).
7. Response Surface Methodology for the Optimization of Flavan-3-ols Extraction from Avocado By-Products via Sonotrode Ultrasound-Assisted Extraction / M.D. Razola-Díaz et al // *Antioxidants*. – 2023. – V. 12, № 7. – 1409 P. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105773>. (In English).
8. Antioxidant and anti-diabetic properties of olive (*Olea europaea*) leaf extracts: In vitro and in vivo evaluation / H.M. Mansour et al // *Antioxidants*. – 2023. – V.12, № 6. – 1275 P. <https://doi.org/10.3390/antiox12061275>. (In English).
9. Determination of the total phenolics content and antioxidant activity of extracts from parts of plants from the Greek Island of Crete / E. Kalpoutzakis et al // *Plants*. – 2023. – V.12, № 5. – 1092 p. <https://doi.org/10.3390/plants12051092>. (In English).
10. Chemical composition and biological activities of essential oils and extract of *Eucalyptus citriodora* Hook / B. Şahin et al // *International Journal of Secondary Metabolite*. – 2024. – V. 11, № 2. – P. 394-407. <https://doi.org/10.21448/ijsm.1384581>. (In English).

Funding

The research work was funded by the project AP19680131 under grant funding from the Scientific Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

М. Тоқтарбек^{1*}, К.С. Сарахмет¹, Г.Ш. Бурашева¹, Б.Қ. Есқалиева¹, Мехмет Өзтүрк²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

²Сытки Кочман атындағы Мугла университеті,
Түркия Республикасы, Мугла, Kötekli кампусы 48000

*e-mail: meruyertkozha@mail.ru

ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK ӨСІМДІГІНЕН ТЕРІ ИЛЕГІШ ЗАТТАРДЫ АЛУ ЖОЛЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ БИОБЕЛСЕНДІЛІГІ

Өсімдіктер әр түрлі биологиялық активті кешендерді алудың шикізат көзі болып табылады, олардың оқшаулануы биологиялық белсенділіктің кең спектріне ие жаңа препараттарды алуға мүмкіндік береді. Биологиялық белсенді заттардың көзі ретінде *Alhagi* туысының өсімдігі, *Alhagi Kirgisorum Schrenk* түрі (Жантақ өсімдігінің қырғыздық түрі) үлкен қызығушылық тудырады. 2023 жылы Алматы облысы, Шелек ауданында гүлдену кезеңінде жиналған *Alhagi Kirgisorum Schrenk* өсімдік түрінің жер үсті бөлігі. Өсімдік шикізатының құрамындағы биологиялық белсенді заттарды талдау, ультрадыбыстық экстракция әдісін қолданып, жантақ өсімдігінен биологиялық активті кешен алудың тиімді технологиялық параметрлерін қарастыру және алынған дәрілік препараттардың фармакологиялық белсенділігін зерттеу маңызды мәселе. Өсімдік шикізатынан тері илегіш заттар кешенін бөліп алу үшін: 50% этанол еріткіші және ультрадыбысты экстракция мен мацерация әдістері, шикізат:экстрагент – 1:8 қатынасы ұсынылды. Аталған өсімдік құрамы екіншілік метаболиттерге өте бай, соның ішінде тері илегіш заттар осы түрде көп кездеседі және бұл ретте олардың үлесі 4,92 % екені белгілі болды. Екі түрлі әдісті: мацерация және ультрадыбысты экстракцияны қолдану арқылы қол жеткізілген кешенге компонентті талдау

жүргізіліп, ультрадыбысты экстракция әдісімен алынған препарат құрамында тері илегіш заттардың мөлшері көбірек екені анықталды. Алынған кешенді антихолинэстераза бойынша биологиялық белсенділікке тексергенде AChE-ге қарсы $48,20 \pm 4,39\%$, BChE-ге қарсы $4,21 \pm 0,39\%$ көрсетсе, сусамырға қарсы α -амилазаны тежеу қызыметі $2807,63 \pm 0,10$, α -глюкозидазаны тежеу қызыметі $183,51 \pm 0,80$ болды. Сондай-ақ тотығу үрдісіне қарсы: ABTS⁺ талдау $12,52 \pm 2,16$ (6,25-50 мкг/мл), DPPH талдау $15,70 \pm 0,46$ (3,125-25 мкг/мл), CUPRAC $20,82 \pm 0,02$ (6,25-50 мкг/мл) және β -каротин/линол қышқылын талдау бойынша $38,73 \pm 0,75$ (3,125-25 мкг/мл) белсенділік көрсетті.

Түйін сөздер: *Alhagi Kirgisorum Schrenk*, минералдар, полифлавандар, биологиялық белсенді кешендер, экстракция, пирокатехол.

М. Токтарбек^{1*}, К.С. Сарахмет¹, Г.Ш. Бурашева¹, Б.К. Ескалиева¹, Мехмет Озтюрк²

¹Казахский национальный университет им. ал-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

²Университет Муглы имени Ситки Кочмана,
48000, Турецкая Республика, Мугла, кампус Кётекли

*e-mail: meruyertkozha@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ *ALHAGI KIRGISORUM SCHRENK* И ИХ БИОАКТИВНОСТЬ

Растения являются сырьевым источником для получения различных биологически активных комплексов, а их выделение может быть использовано для получения новых лекарственных средств с разнообразной биологической активностью. Как источники биологически активных веществ, огромный интерес представляют растения рода *Alhagi*, вида *Alhagi Kirgisorum Schrenk* (киргизский вид верблюжья колючка). *Alhagi Kirgisorum Schrenk*, собранный в период цветения в Шелекском районе Алматинской области в 2023 году, представляет собой надземную часть вида растения. Важными вопросами являются анализ биологически активных веществ в растительном сырье, рассмотрение эффективных технологических параметров извлечения биологически активных комплексов из растений с помощью ультразвуковой экстракции, изучение фармакологической активности полученных лекарственных препаратов. Для выделения комплекса дубильных веществ из растительного сырья: 50% растворителя этанола и ультразвуковой экстракции и мацерации методами предложено соотношение сырье:экстрагент – 1:8. Состав этого растения очень богат вторичными метаболитами, в том числе дубильными веществами, известно, что их доля составляет 4,92%. Комплекс, полученный с помощью двух разных методов: мацерации и ультразвуковой экстракции, был подвергнут компонентному анализу, и было установлено, что экстракт, полученный с помощью ультразвуковой экстракции, содержит больше дубильных веществ. Антихолинэстеразная биологическая активность комплекса составила $48,20 \pm 4,39\%$ в отношении AChE, $4,21 \pm 0,39\%$ в отношении BChE, противодиабетических средств по ингибирующей активности α -амилазы составила $2807,63 \pm 0,10$, ингибирующей активности α -глюкозидазы $183,51 \pm 0,80$. Также против процесса окисления: анализ ABTS⁺ $12,52 \pm 2,16$ (6,25-50 мкг/мл), анализ DPPH $15,70 \pm 0,46$ (3,125-25 мкг/мл), CUPRAC $20,82 \pm 0,02$ (6,25-50 мкг/мл) и по анализ β -каротина/линолевой кислоты показал активность $38,73 \pm 0,75$ (3,125-25 мкг/мл).

Ключевые слова: *Alhagi Kirgisorum Schrenk*, минералы, полифлаваны, биологически активные комплексы, экстракция, пирокатехин.

Information about the authors

Meruyertkozha Toktarbek* – PhD, senior lecturer of the department «Chemistry and technology of organic substances, natural compounds and polymers»; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: meruyertkozha@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0979-6944>.

Karina Sarahmet – Bachelor student of the faculty «Chemistry and chemical technology»; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: sarakhmet04@mail.ru.

Gauhar Burasheva – Doctor of chemical sciences, professor of the department «Chemistry and technology of organic substances, natural compounds and polymers»; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

Balakyz Yeskaliyeva – Candidate of chemical sciences, associate professor of the department «Chemistry and technology of organic substances, natural compounds and polymers»; al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: balakyz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-2738>.

Ozturk Mehmet – Doctor, Professor of the Department of Chemistry, Faculty of Science, Mugla Sitka Kochman University, Mugla, Turkey; e-mail: mehmetozturk@mu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8932-4535>.

Авторлар туралы мәліметтер

Меруертқожа Тоқтарбек* – PhD, «Органикалық заттар, табиғи қосылыстар және полимерлер химиясы мен технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: meruyertkozha@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0979-6944>.

Карина Сарахмет – «Химия және химиялық технология» факультетінің бакалавры; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: sarahmet04@mail.ru.

Гаухар Шахманқызы Бурашева – химия ғылымдарының докторы, «Органикалық заттар, табиғи қосылыстар және полимерлер химиясы мен технологиясы» кафедрасының профессоры; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

Балакыз Қымызғалиқызы Есқалиева – химия ғылымдарының кандидаты, «Органикалық заттар, табиғи қосылыстар және полимерлер химиясы мен технологиясы» кафедрасының қауым. профессоры; e-mail: balakyz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-2738>.

Өзтүрк Мехмет – PhD, Мугла Ситка Кочман университеті, ғылым факультеті, химия кафедрасының профессоры, Мугла, Түркия; e-mail: mehmetozturk@mu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8932-4535>.

Сведения об авторах

Меруертқожа Токтарбек* – PhD, старший преподаватель кафедры «Химия и технология органических веществ, природных соединений и полимеров»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: meruyertkozha@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0979-6944>.

Карина Сарахмет – Бакалавр факультета «Химия и химическая технология»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: sarakhmet04@mail.ru.

Гаухар Шахмановна Бурашева – доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и технология органических веществ, природных соединений и полимеров»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

Балакыз Кымызғалиевна Есқалиева – кандидат химических наук, ассоц. профессор кафедры «Химия и технология органических веществ, природных соединений и полимеров»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: balakyz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-2738>.

Озтюрк Мехмет – PhD, профессор кафедры химии, факультета науки, Университета Мугла Ситки Кочман, Мугла, Турция; e-mail: mehmetozturk@mu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8932-4535>.

Received 14.08.2024

Revised 23.09.2024

Accepted 24.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-44](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-44)

IRSTI: 31.15.29



N. Maksut¹, B. Tatykayev², S. Tugelbay², A. Abilkhan², N. Khan^{2*}

¹Al-Farabi Kazakh National University,

050040, Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi Ave. 71

²Laboratory of Advanced Materials and Systems for Energy Storage, PI “National Laboratory Astana”, Nazarbayev University, 010000, Kazakhstan, Astana, Kabanbay batyr av. 53

*email: natalya.khan@nu.edu.kz

COMPARATIVE STUDY OF PHOTOCATALYTIC HYDROGEN EVOLUTION ON G-C₃N₄ DECORATED WITH NIS AND NIS₂ CO-CATALYSTS VIA ION EXCHANGE PRECIPITATION METHOD

Abstract: NiS and NiS₂ co-catalysts were decorated on the surface of g-C₃N₄ through ion exchange reaction by precipitation method. Synthesized double systems were investigated using XRD, FT-IR, SEM, TEM, and TEM elemental mapping. XRD and FT-IR analyses showed the presence of g-C₃N₄ in the composition of g-C₃N₄/NiS and g-C₃N₄/NiS₂, however the presence of nickel sulfides was not identified. SEM analysis showed that double systems have heterogeneous systems, the stacked flat sheets with wrinkles and an irregular shape morphology and rough surface, where the presence of irregular shape pores is visible. TEM proved the presence of irregularly

shaped layers of $g\text{-C}_3\text{N}_4$, and TEM elemental mapping showed the presence of nitrogen, carbon, sulfur, and nickel. The ability of the photocatalytic hydrogen evolution by prepared samples revealed, that $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ manifests the highest hydrogen evolution rate in comparison with $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$ and $g\text{-C}_3\text{N}_4$. Thus, the highest evolution rate of hydrogen was reached by $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ on the 3rd hour of the visible light irradiation and was equal to $56.79 \mu\text{mol h}^{-1}\text{g}^{-1}$.

Key words: graphitic carbon nitride, nickel sulfide, co-catalyst, photocatalyst, hydrogen evolution.

Introduction

Environmental problems and the global energy crises are becoming severe risks to the long-term advancement of human society [1]. In comparison with fossil fuels, hydrogen is less prevalent in nature. However, it may be created using any primary energy source and utilized as fuel for fuel cells or for direct combustion in internal combustion engines, simply emitting water as a byproduct [2]. There are many different methods for producing hydrogen (H_2) that, depending on the raw materials used, can be grouped into two main groups, namely conventional and renewable technologies [3]. The pyrolysis and hydrocarbon reforming processes are included in the first category, which deals with processing fossil fuels. Steam reforming, partial oxidation, and autothermal steam reforming are the chemical processes that take part in the hydrocarbon reforming process [4]. The second group includes processes that create hydrogen using biomass or water as renewable resources [5]. The second category of renewable technologies focuses on techniques that may produce H_2 gas from water using only water as an input, such as electrolysis, thermolysis, and photo-electrolysis [6].

One of the most promising methods to address energy and environmental issues is the photocatalytic hydrogen evolution reaction [7]. Since Fujishima and Honda first reported photoelectrochemical water splitting on a (titanium dioxide) TiO_2 electrode in 1972, photocatalytic water splitting for H_2 production has emerged as a promising method for the efficient, affordable, and environmentally friendly production of H_2 using solar energy [8]. The creation of effective, stable, and environmentally friendly photocatalysts is necessary for the manufacturing of practical solar fuels and, more generally, the conversion of solar energy into useful chemical products [9, 10]. The splitting of water occurs in photo-electrolysis when sunlight is absorbed through certain semiconducting materials. In particular, an electron-hole pair is produced and separated by the electric field between the semiconductor and the electrolyte if a photon with energy larger than or equal to the semiconductor's band gap reaches the semiconducting surface of the anode. Long-lived charge carriers, fewer charge trapping centers, the right energy level offsets, and stability against light are all extremely desirable for enhancing the photocatalytic reactivity of a semiconductor photocatalyst. Ideally, photocatalysts should have properties such as a good band gap, good band-edge potentials, high surface areas, and delayed charge recombination [11]. For such purposes, the photocatalytic performance of semiconductor photocatalysts has been improved during the past ten years using a variety of techniques, such as surface sensitization, interfacial heterostructures, band gap engineering, and crystal and textural alteration [2].

The metal-free graphite-like carbon nitride ($g\text{-C}_3\text{N}_4$) has gained mass attention since the first discovery of photocatalytic activity of material in 2008 by Wang's group [12]. Due to its broad light absorption range, structural stability, and low cost, the metal-free semiconductor $g\text{-C}_3\text{N}_4$ is a promising candidate for H_2 production because the photocatalyst contains earth-rich materials, which can enhance large-scale industrial application of H_2 generation [11, 13]. However, the practical and widespread use of $g\text{-C}_3\text{N}_4$ is typically constrained by its poor visible-light absorption, rapid charge recombination, and limited specific surface area [14]. Thus, numerous modifications such as using defect engineering [15] and constructing nano-scale structures [16] have been suggested to improve the photocatalytic potential of $g\text{-C}_3\text{N}_4$ by addressing these issues. Despite these modifications, the $g\text{-C}_3\text{N}_4$ is still incapable of achieving higher conversion rates due to insufficient surface catalytic sites. In addition, $g\text{-C}_3\text{N}_4$ has low charge mobility, resulting in the rapid recombination of electrons and holes. These factors diminish its photocatalytic efficiency, highlighting the need for its modification [11].

One approach to addressing the limitations of $g\text{-C}_3\text{N}_4$ is the use of co-catalysts, which enhance charge separation and reduce the recombination of electrons and holes. Additionally, co-catalysts facilitate more efficient electron transfer from the photocatalyst to the reagent molecules

involved in the photocatalytic process, thereby speeding up the reaction. Additionally, co-catalysts can form extra active sites, thereby enhancing the photocatalyst's overall activity [17]. Although noble metals like Pt, Ag, Au, and Pd [18] are the most commonly used co-catalysts, their high-cost limits widespread application [19]. As a result, increasing attention is being given to metal sulfides as alternatives to noble metals. For instance, copper sulfide (CuS) and molybdenum sulfide (MoS₂) exhibit high activity in photocatalytic H₂ production [20, 21]. Nickel sulfide (Ni_xS_y) is another promising material known for its high activity, stability, and durability [19, 20]. Nickel sulfide is able to greatly enhance the photocatalytic performance due to the synergistic effect when combined with carbon nitride.

In this regard, this study is devoted to the production of g-C₃N₄/NiS and g-C₃N₄/NiS₂ by precipitation method, which was used for photocatalytic hydrogen production. The method is straightforward, rapid, and efficient for synthesizing a graphite carbon nitride-nickel sulfide system, which holds great promise in the fields of material science and photocatalysis.

Experimental part

Materials

In this work nickel nitrate hexahydrate (Ni(NO₃)₂ · 6H₂O), sodium sulfide nanohydrate (Na₂S · 9H₂O), urea (CH₄N₂O), glycerol (C₃H₈O₃), sodium hydroxide (NaOH), sulfur (S) were used. All reagents were analytical grade. Distilled water was used as a solvent.

Synthesis of pristine g – C₃N₄

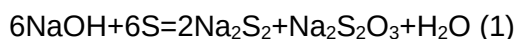
The g-C₃N₄ was synthesized by calcination of urea in a crucible with a cover in the atmosphere of air. An amount of 30 g of urea was placed in a crucible with a cover and heated to 500 °C for 2 h. After cooling to room temperature, the yellow product was collected and grinded into powder [22].

Synthesis of g-C₃N₄/NiS system

The g-C₃N₄/NiS was prepared through an ion exchange reaction by precipitation method at room temperature. In a typical synthesis, 0,4 g of g-C₃N₄ was dispersed in 25mL of distilled water by ultrasonication for 15 minutes and then, 2 mL of 0.1M Ni(NO₃)₂ solution was poured drop by drop in the g-C₃N₄ dispersion. After stirring for 20 min, 2 mL of 0.1M Na₂S solution was dropwise added. The mixed solution was stirred for another 5 min, collected by centrifuge, and washed with distilled water. Finally, the washed precipitates were dried at 70°C for 24 h [22].

Synthesis of sodium polysulfide Na₂S_n

In a three-necked round bottom flask with a reflux condenser, a 100 ml solution of NaOH, with a concentration of 1,25M was poured. Then, 5,33 g of grinded sulfur was added to get Na₂S₂. The dispersed mixture was constantly stirred and heated to 96°C, with a heating rate of 10 °C/min, and kept at this temperature for 15 minutes. The chemical reaction (1) of polysulfide formation is given bellow [23]:



Synthesis of g-C₃N₄/NiS₂ system

In a typical synthesis, 0.4 g of g-C₃N₄ was dispersed in 25 mL of distilled water by ultrasonication for 15 minutes and then 2 mL of 0.1M of Ni(NO₃)₂ solution was dropwise added in the g-C₃N₄ dispersion. After stirring for 20 minutes, 0,1 mL of Na₂S₂ solution was added to the resulting solution. The mixed solution was stirred for another 5 min, collected by centrifuge, and washed with distilled water three times. Finally, the washed precipitates were dried at 70°C for 24 h.

The final composition of double systems was the next: 99,25 wt% of the g-C₃N₄ and 0.75 wt% of the NiS or NiS₂. These solid powders were subsequently used for further investigation through physicochemical analytical methods.

Characterization

XRD analysis was performed using a MiniFlex 600 diffractometer (Rigaku, Japan) with the following parameters: X-ray tube current of 15 mA, tube voltage of 40 kV, point intensity measurement time of 0,12 seconds, and a goniometer step size of 0,02° 2θ. During the measurement, the sample was rotated at 60 rpm. The ICDD-PDF2 Release 2016 database and PDXL2 software were used to identify phase composition. FT-IR spectra were obtained with the help of Nicolet iS-10 spectrometer (Thermo Fisher Scientific, USA), in the wavelength range 4000 – 450 cm⁻¹. Scanning electron microscopy (SEM) was employed to examine the morphology and particle size of the samples, utilizing an SEM Quanta 3D 200i instrument (FEI, Netherlands). The samples

were attached to a conducting carbon adhesive tape substrate. A JEOL JEM-2100 transmission electron microscope (Japan) operating at 200 kV with an Oxford Instruments X-Max energy-dispersive X-ray spectroscopy detector (UK) was used to perform fine microstructural studies.

Photocatalytic H₂ Production

In a typical experiment, 10 mL of glycerol and 90 mL of distilled water were added to 30 mg of the photocatalyst. The solution was stirred to ensure uniform irradiation of the photocatalyst dispersion. Photocatalytic H₂ production occurred in a three-neck round-bottom flask reactor with external irradiation, using a 300 W Xe lamp as the light source and a UV-cut filter ($\lambda > 400$ nm). To remove dissolved oxygen, the solution was bubbled with argon for 60 minutes in the dark. The light intensity in the photocatalytic reactor was 30 mW/cm². The reactor was connected to an argon (Ar) stream (312 mL/min), which was used to transport H₂ from the photoreactor to the gas chromatograph (Chromos GCh-100, Russia). Hydrogen concentration measurements were taken every 15 minutes after initiating photocatalyst irradiation [24]. The hydrogen evolution rate (HER) was determined by considering the flow rate of the outgoing gas, the volumetric concentration of hydrogen, and the laboratory's temperature and pressure. This approach facilitated the calculation of the amount of hydrogen that could be reduced on the surface of 1 g of photocatalyst per hour under the given conditions. The volumetric concentration of hydrogen and subsequent HER calculations were performed three times. To ensure the accuracy of the obtained data, statistical analysis was conducted using the standard deviation (SD) (1) [25]:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - X_{\text{mean}})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

X is individual number of HER, X_{mean} is HER mean, n is sample size.

Results and discussion

XRD analysis

The XRD analysis was used to analyze the structure of the synthesized photocatalysts. Figure 1 displays the XRD patterns of the g-C₃N₄/NiS, g-C₃N₄/NiS₂, and pristine materials. The g-C₃N₄, g-C₃N₄/NiS, and g-C₃N₄/NiS₂ XRD spectra are represented by distinct diffraction peaks at 27,46° which can be indexed for graphitic materials as the (100) peak of PDF card No.: 00-066-0813. However, the peak at 12,93° was not identified for double systems, which means that the graphitic-layered structure was changed for these samples. Moreover, the absence of nickel sulfide diffraction peaks is attributed to their deformed amorphous crystal lattice, which complicates their identification using XRD [26].

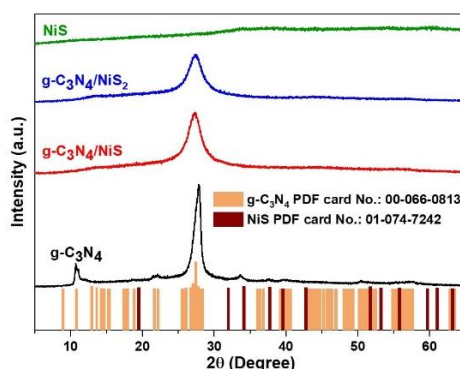


Figure 1 – XRD patterns for composites g-C₃N₄/NiS, g-C₃N₄/NiS₂ and for pristine NiS, g-C₃N₄

FT-IR spectroscopy

In order to analyze the surface groups of the synthesized samples, FT-IR spectroscopy was conducted. In Figure 2, peaks ranging between 1200 and 1700 cm⁻¹ indicate the stretching of aromatic heptazine-derived repeating units, manifesting typical sp² C=N stretching modes and out-of-plane bending of the sp³ C-N bonds [27, 28]. Additionally, the absorption peak at 809 cm⁻¹ corresponds to the characteristic breathing of tri-s-triazine cycles and the deformation mode of N-H in amino groups, respectively.

A peak at 2178 cm^{-1} corresponds to the $\text{C}=\text{N}$ bond [29]. The absorption peak at 1618 cm^{-1} is assigned to the vibration of $\text{O}-\text{H}$ bonds indicating the presence of adsorbed molecules of H_2O . While the peak at 605 cm^{-1} can be probably related to $\text{Ni}-\text{S}$ stretching vibration mode [30]; this low-intensity peak is visible for bare NiS , while for double systems this stretching vibration mode was not detected. The absorption peaks for $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$ are more intense compared to nickel sulfide, due to its lower content, resulting in overlap with each other.

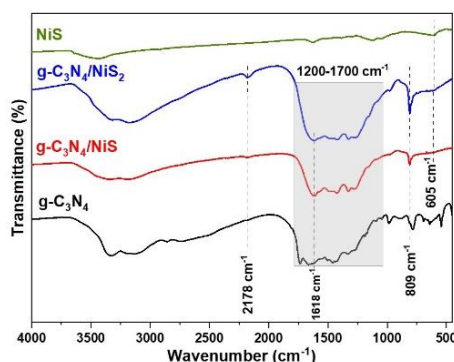


Figure 2 – FT-IR spectra for composites $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$, $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$, $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_3$ and $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_4$ and for pure NiS , $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$.

SEM

SEM analysis was conducted for the investigation of the morphology and particle size of synthesized samples. The results of analysis for $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$, NiS , $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$, and $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ are depicted in Figure 3 a-d. As can be seen, $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$, $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$ and $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ (Figure 3 a, c, d) samples has a heterogeneous system, the stacked flat sheets with wrinkles and an irregular shape morphology and rough surface. There is also the presence of irregular-shaped pores visible. As for NiS (Figure 3 b), the material is represented by nanosized particles of spherical shape, which form big agglomerates. However, the presence of NiS particles was difficult to identify on the surface of double systems with $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$, due to the small amount of metal sulfide in the composition.

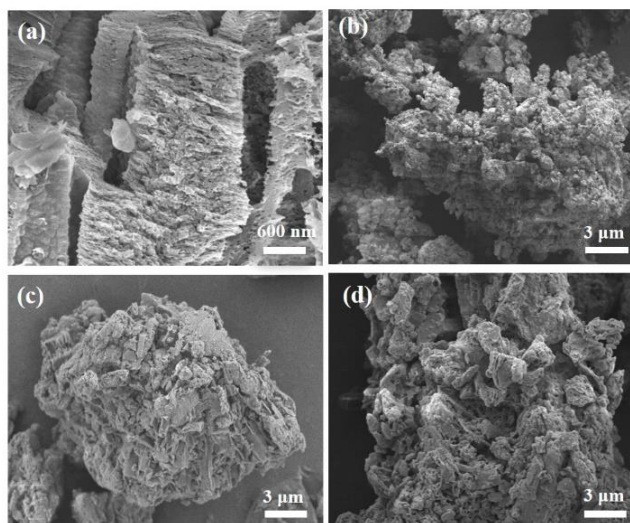


Figure 3 – SEM images of the (a) $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$, (b) NiS , (c) $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$ and (d) $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$

TEM and TEM elemental mapping

TEM analysis was conducted for $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ only, for a deeper study of the morphology of the sample. TEM elemental mapping was made to understand the elemental distribution and prove the presence of metal sulfide in the composition. TEM images are given in Figure 4 a, b, where the presence of irregularly curved layers is visible. In addition, the presence of pores with a size of no more than 50 nm is observed on the layers. TEM elemental mapping (Figure 4 c-g) showed the presence of carbon, nitrogen, nickel, and sulfur elements. It can be seen, that nickel and sulfur are uniformly distributed on the surface of $\text{g}-\text{C}_3\text{N}_4$.

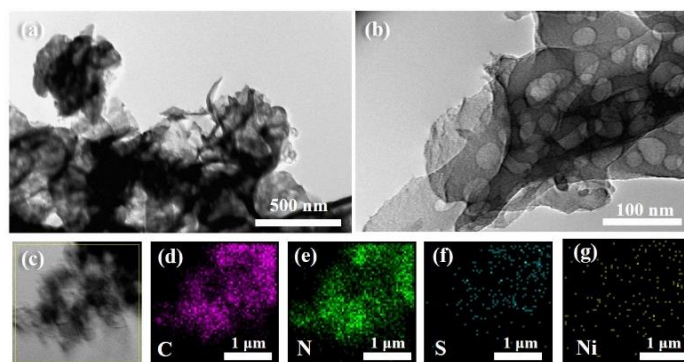


Figure 4 – (a), (b) TEM images of the g-C₃N₄/NiS₂ and EDS mapping image (c) mapping area, (b) carbon, (c) nitrogen, (f) sulfur, (g) nickel

Photocatalytic hydrogen evolution

Synthesized samples were applied for photocatalytic hydrogen production. The activity of the double systems was compared with the bare g-C₃N₄, as the main goal of the study was improving of the photocatalytic activity of this material by adding NiS co-catalyst, with subsequent comparison of the activity of the samples. Bare g-C₃N₄ was not able to produce hydrogen without a co-catalyst. Between double systems, the g-C₃N₄/NiS₂ revealed the highest activity, which slightly increased during the whole photocatalytic process. The gradual increase in the HER throughout the entire period of light irradiation indicates that the sample remained active. This trend suggests that the photocatalyst sustained its functionality without deactivation, continuously facilitating the hydrogen production process under the applied conditions. The highest HER amount of 57,09 μmolh⁻¹g⁻¹ was on the 180th min of visible light irradiation. For g-C₃N₄/NiS, the highest HER was observed at the 135th minute of light irradiation, reaching 32,26 μmol h⁻¹ g⁻¹. This value remained constant until the end of the process, indicating that the photocatalyst exhibited stability and maintained a consistent hydrogen production rate throughout the experiment. In general, the application of the NiS and NiS₂ as co-catalysts for g-C₃N₄ revealed prospective results. A hybrid system could provide better results than pure g-C₃N₄. This is possible thanks to a suitable zone structure, which is complemented by the recovery potential of NiS and NiS₂ [19, 20]. Our results are relatively comparable to those presented in [31], where g-C₃N₄/NiS samples with varying compositions were studied. In that study, g-C₃N₄/NiS with 1, 2, 3, 4, and 6% NiS exhibited HER values of 36, 61, 79, 72, and 33 μmol h⁻¹ g⁻¹, respectively [31]. However, it is important to note that direct comparisons between results from different publications may not be entirely valid, as experimental conditions vary across studies. Therefore, drawing conclusions about the differences or similarities between these results would be inappropriate.

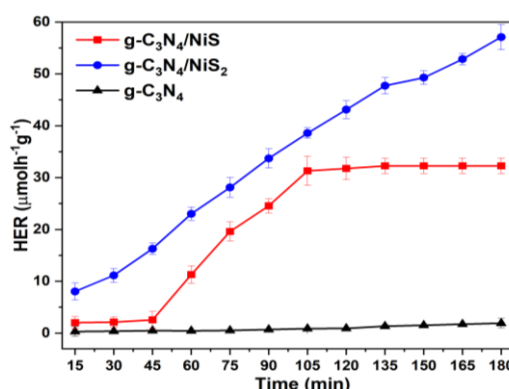


Figure 5 – HER of the prepared samples

Conclusions

The g-C₃N₄/NiS and g-C₃N₄/NiS₂ were prepared through an ion-exchange precipitation method at room temperature.

The XRD and FT-IR showed the presence of g-C₃N₄ for all double systems but did not show the presence of NiS. NiS and NiS₂ are represented by a deformed amorphous crystal lattice, which complicates its identification using XRD. According to SEM results, g-C₃N₄/NiS and g-C₃N₄/NiS₂

samples have heterogeneous systems, stacked flat sheets with wrinkles and an irregular shape morphology and rough surface. The presence of irregularly shaped pores is also noticeable. TEM proved the presence of irregularly curved layers of the g-C₃N₄, while TEM elemental mapping showed the presence of the carbon, nitrogen, sulfur, and nickel elements.

Comparative study of the photocatalytic hydrogen evolution showed, that the best co-catalyst on the surface of g-C₃N₄ was NiS₂ 0,75 wt%. The H₂ evolution rate increases as the time of irradiation increases. The highest concentration of hydrogen was reached on the 3rd hour of the visible light irradiation and was equal to 56.79 $\mu\text{molh}^{-1}\text{g}^{-1}$.

References

1. Ozili P.K., Ozen E. Global Energy Crisis. The Impact of Climate Change and Sustainability Standards on the Insurance Market / P.K. Ozili, E. Ozen // New York: John Wiley & Sons, Ltd. – 2023. – P. 439-454.
2. Marbán G. T. Towards the hydrogen economy?/ G. Marbán, T. Valdés-Solís // International Journal of Hydrogen Energy. – 2007. – Vol. 32, № 12. – P. 1625-1637.
3. Lemus R.G. Updated hydrogen production costs and parities for conventional and renewable technologies / R.G. Lemus, J.M. Martínez Duart // International Journal of Hydrogen Energy. 2010. – Vol. 35, № 9. – P. 3929-3936.
4. Hydrogen production from crude pyrolysis oil by a sequential catalytic process / T. Davidian et al // Applied Catalysis B: Environmental. – 2007. – Vol. 73, № 1. – P. 116-127.
5. A review on biomass-based hydrogen production for renewable energy supply / S.E. Hosseini et al // International Journal of Energy Research. – 2015. – Vol. 39, № 12. – P. 1597-1615.
6. Hydrogen production by photovoltaic-electrolysis using aqueous waste from ornamental stones industries / F.C. Marques et al // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 152. – P. 1266-1273.
7. Soluble g-C₃N₄ nanosheets: Facile synthesis and application in photocatalytic hydrogen evolution / X. Wu et al // Applied Catalysis B: Environmental. – 2019. – Vol. 247. – P. 70-77.
8. Fujishima A. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode / A. Fujishima, K. Honda // Nature. – 1972. – Vol. 238, № 5358. – P. 37-38.
9. Molecular engineering of carbon nitride towards photocatalytic H₂ evolution and dye degradation / A. Hayat et al // Journal of Colloid and Interface Science. – 2021. – Vol. 597. – P. 39-47.
10. Enhanced light-driven hydrogen generation in carbon nitride photocatalysts by interfacial electron-transfer cascade / X. Yin et al // Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – Vol. 894. – P. 162499.
11. Recent developments in fabrication and structure regulation of visible-light-driven g-C₃N₄-based photocatalysts towards water purification: A critical review: Advances in photo(electro)catalysis for environmental applications and chemical synthesis / S. Zhang et al // Catalysis Today. – 2019. – Vol. 335. – P. 65-77.
12. A metal-free polymeric photocatalyst for hydrogen production from water under visible light / X. Wang et al // Nature Materials. – 2009. – Vol. 8, № 1. – P. 76-80.
13. Lin L. Crystalline Carbon Nitride Semiconductors for Photocatalytic Water Splitting / L. Lin, Z. Yu, X. Wang // Angewandte Chemie. – 2019. – Vol. 131, №19. – P. 6225-6236.
14. Graphitic carbon nitride (g-C₃N₄)-based metal-free photocatalysts for water splitting: A review / A. Mishra et al // Carbon. – 2019. – Vol. 149. – P. 693-721.
15. Positioning cyanamide defects in g-C₃N₄: engineering energy levels and active sites for superior photocatalytic hydrogen evolution / J. Yuan et al // Applied Catalysis B: Environmental. – 2018. – Vol. 237. – P. 24-31.
16. Facile constructing of isotype g-C₃N₄(bulk)/g-C₃N₄(nanosheet) heterojunctions through thermal polymerization of single-source glucose-modified melamine: An efficient charge separation system for photocatalytic hydrogen production / S. Sun et al // Applied Surface Science. – 2020. – Vol. 500. – P. 143985.
17. Critical roles of co-catalysts for molecular hydrogen formation in photocatalysis / Y.H. Li et al // Journal of Catalysis. – 2015. – Vol. 330. – P. 120-128.
18. Low Metal Loading (Au, Ag, Pt, Pd) Photo-Catalysts Supported on TiO₂ for Renewable Processes / F. Conte et al // Materials. – 2022. – Vol. 15, № 8. – P. 2915.
19. NiS₂ Co-catalyst decoration on CdLa₂S₄ nanocrystals for efficient photocatalytic hydrogen generation under visible light irradiation / Y.-P. Yuan et al // International Journal of Hydrogen Energy. – 2013. – Vol. 38, № 18. – P. 7218-7223.

20. CuS, NiS as co-catalyst for enhanced photocatalytic hydrogen evolution over TiO₂ / Q. Wang et al // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39, № 25. – P. 13421-13428.
21. Carbonized MoS₂: Super-active co-catalyst for highly efficient water splitting on CdS / M. Shao // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2019. – Vol. 7, № 4. – P. 4220-4229.
22. NiS and graphene as dual cocatalysts for the enhanced photocatalytic H₂ production activity of g-C₃N₄ / Z. Chen et al // Applied Surface Science. – 2019. – Vol. 469. – P. 657-665.
23. Khusainov A.N. Physico-chemical patterns of formation of sulfur nanoparticles obtained by grinding and chemical deposition methods [The electron.source] / A.N. Khusainov. – 2015. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008040370/ (Date of appeal 27.09.2024) (In Russian).
24. Heterostructured g-cn/tio₂ photocatalysts prepared by thermolysis of g-cn/mil-125(Ti) composites for efficient pollutant degradation and hydrogen production / B. Tatykayev et al // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10, № 7. – P. 1-19.
25. Barde M.P. What to use to express the variability of data: Standard deviation or standard error of mean? / M.P. Barde, P.J. Barde // Perspectives in clinical research. – 2012. – № 3, Vol. 3. – P. 113-116.
26. The Synergistic Effect of MoS₂ and NiS on the Electrical Properties of Iron Anodes for Ni-Fe Batteries / H. Tang et al // Nanomaterials. – 2022. – Vol. 12, № 19. – P. 3472.
27. Constructing Multifunctional Metallic Ni Interface Layers in the g-C₃N₄ Nanosheets/Amorphous NiS Heterojunctions for Efficient Photocatalytic H₂ Generation / J. Wen et al // ACS applied materials & interfaces. – 2017. – Vol. 9.
28. Enhanced visible light photocatalytic activity and oxidation ability of porous graphene-like g-C₃N₄ nanosheets via thermal exfoliation / F. Dong et al // Applied Surface Science. – 2015. – P. 358.
29. In Situ Polycondensation Synthesis of NiS-g-C₃N₄ Nanocomposites for Catalytic Hydrogen Generation from NaBH₄ / A.H. Alshammari et al // Nanomaterials. – 2023. – Vol. 13, № 5. – P. 938.
30. Electrochemical performance of β-NiS@ Ni (OH)₂ nanocomposite for water splitting applications / B. Jansi Rani et al // ACS omega. – Vol. 4, № 6. – P.10302-10310.
31. NiS and graphene as dual cocatalysts for the enhanced photocatalytic H₂ production activity of g-C₃N₄ / Z. Chen et al // Applied Surface Science. – 2019. – № 469. – P. 657-665.

Acknowledgments

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant № AP13068426).

Н. Мақсұт, Б. Татыкаев, С. Түгелбай, А. Әбілхан, Н. Хан*

¹Өл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
050040, Қазақстан, Алматы, Өл-Фараби даңғылы 71

²«National Laboratory Astana» ЖМ, Жаңа материалдар және энергияны сақтау жүйелері зертханасы,
Назарбаев, Университеті, 010000, Қазақстан, Астана, Қабанбай батыр даңғылы 53,

*e-mail: natalya.khan@nu.edu.kz

СУТЕГІНІ ФОТОКАТАЛИТИКАЛЫҚ ӘДІСПЕН ӨНДІРУ ҮШІН NiS ЖӘНЕ NiS₂ КО-КАТАЛИЗАТОРЛАРЫН ИОН АЛМАСУ РЕАКЦИЯСЫ АРҚЫЛЫ G-C₃N₄ БЕТІНЕ ДЕКОРАТИВТІ ОТЫРҒЫЗУҒА АРНАЛҒАН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСЫ

NiS және NiS₂ со-катализаторларды g-C₃N₄ бетіне ион алмасу реакциясы арқылы тұндыру әдісімен декорланды. Синтезделген қос жүйелер РФТ, ИҚ спектроскопиясы, СЭМ, ПЭМ және ПЭМ-элементтік карталау арқылы зерттелді. РФТ және ИҚ спектроскопиясы g-C₃N₄/NiS және g-C₃N₄/NiS₂ құрамында g-C₃N₄ бар екенін көрсетті, алайда никель сульфидтерінің бар екендігі анықталған жоқ. СЭМ талдау қос жүйелердің гетерогенді құрылымға ие екенін, қабаттардың бір-бірінің үстіне орналасқанын және бөлшектердің морфологиясы түзілмеген пішінде және кедір-бұдырлы бетті екенін көрсетті. ПЭМ талдауы g-C₃N₄ қабаттарының түзілмеген пішінді екенін дәлелдеді, ал ПЭМ элементтік карталау азот, көміртегі, күкірт және никельдің бар екенін көрсетті. Синтезделген үлгілердің фотокаталитикалық сутегін бөлу зерттеулері g-C₃N₄/NiS₂-нің g-C₃N₄/NiS және g-C₃N₄-ке қарағанда ең жоғары сутегі бөлу жылдамдығын ие екенін көрсетті. Осылайша, ең жоғары сутегінің жылдамдық бөлуі 56,79 μмоль/сағ-1г-1 құрайтын g-C₃N₄/NiS₂ композитін 3 сағат көрінетін жарықпен сәулеленгенінде қол жеткізілді.

Түйін сөздер: графитті көміртегі нитрид, никель сульфиді, со-катализатор, фотокатализатор, сутегін бөлу.

Н. Мақсұт, Б. Татыкаев, С. Түгелбай, А. Абилхан, Н. Хан^{2*}

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

²Лаборатория новых материалов и систем хранения энергии, ЧУ «National Laboratory Astana»,
Назарбаев Университет, 010000, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Кабанбай батыра, 53

*e-mail: natalya.khan@nu.edu.kz

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ПРИ ПОМОЩИ $g\text{-C}_3\text{N}_4$, ДЕКОРИРОВАННОГО СО-КАТАЛИЗАТОРАМИ NiS И NiS_2 МЕТОДОМ ИОНООБМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ

Со-катализаторы NiS и NiS_2 были декорированы на поверхность $g\text{-C}_3\text{N}_4$ посредством реакции ионного обмена методом осаждения. Синтезированные двойные системы были исследованы с помощью РФА, ИК спектроскопии, СЭМ, ПЭМ и ПЭМ-элементного картирования. РФА и ИК спектроскопия показали присутствие $g\text{-C}_3\text{N}_4$ в составе $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$ и $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$, однако присутствие сульфидов никеля обнаружено не было. СЭМ-анализ показал, что двойные системы имеют неоднородную структуру, плоские слои, наложенные друг на друга, а морфология частиц представлена неправильной формой и шероховатой поверхностью. ПЭМ доказала наличие слоев $g\text{-C}_3\text{N}_4$ неправильной формы, а элементное картирование ПЭМ показало наличие азота, углерода, серы и никеля. Исследование фотокаталитического выделения водорода синтезированными образцами показало, что $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ проявляет самую высокую скорость выделения водорода по сравнению с $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}$ и $g\text{-C}_3\text{N}_4$. Таким образом, наибольшая скорость выделения водорода была достигнута для $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{NiS}_2$ на 3-м часу облучения видимым светом, которая составила $56,79 \mu\text{моль/ч}^{-1}\text{г}^{-1}$.

Ключевые слова: графитовый нитрид углерода, сульфид никеля, со-катализатор, фотокатализатор, выделение водорода.

Information about the authors

Nazgul Maksut – MSc, Junior researcher of the Department of General and Inorganic Chemistry, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: Maksut-n@mail.ru.

Batukhan Tatykayev – PhD, Leading researcher of the Laboratory of Advanced Materials and Systems for Energy Storage, PI «National Laboratory Astana», Astana, Kazakhstan; e-mail: batukhan.tatykayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5071-1968>.

Saparbek Tugelbay – MSc, Researcher of the Laboratory of Advanced Materials and Systems for Energy Storage, PI «National Laboratory Astana», Astana, Kazakhstan; e-mail: saparbek.tugelbay@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8781-9320>.

Abylay Abilkhan – MSc, Researcher of the Laboratory of Advanced Materials and Systems for Energy Storage, PI «National Laboratory Astana», Astana, Kazakhstan; e-mail: abylay.abilkhan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1227-5004>.

Natalya Khan* – PhD, Researcher of the Laboratory of Advanced Materials and Systems for Energy Storage, PI «National Laboratory Astana», Astana, Kazakhstan; e-mail: natalya.khan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1794-0018>.

Авторлар туралы мәліметтер

Назгүл Мақсұт – MSc, Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Химия және химиялық технология факультеті, Жалпы және бейорганикалық химия кафедрасының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан; e-mail: Maksut-n@mail.ru.

Батухан Татыкаев – PhD, «National Laboratory Astana» ЖМ жетекші ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан; e-mail: batukhan.tatykayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5071-1968>.

Сапарбек Түгелбай – MSc, «National Laboratory Astana» ЖМ, Жаңа материалдар және энергияны сақтау жүйелері зертханасының ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан; e-mail: saparbek.tugelbay@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8781-9320>.

Абылай Әбілхан – MSc, «National Laboratory Astana» ЖМ, Жаңа материалдар және энергияны сақтау жүйелері зертханасының ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан; e-mail: abylay.abilkhan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1227-5004>.

Наталья Хан* – PhD, «National Laboratory Astana» ЖМ, Жаңа материалдар және энергияны сақтау жүйелері зертханасының ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан; e-mail: natalya.khan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1794-0018>.

Сведения об авторах

Назгүл Мақсұт – MSc, Младший научный сотрудник кафедры Общей и неорганической химии, КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан; e-mail: Maksut-n@mail.ru.

Батухан Татыкаев – PhD, Ведущий научный сотрудник ЧУ «National Laboratory Astana», Астана, Казахстан; e-mail: batukhan.tatykayev@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5071-1968>.

Сапарбек Түгелбай – MSc, Научный сотрудник Лаборатории новых материалов и систем хранения энергии, ЧУ «National Laboratory Astana», Астана, Казахстан, e-mail: saparbek.tugelbay@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8781-9320>.

Абылай Әбілхан – MSc, Научный сотрудник Лаборатории новых материалов и систем хранения энергии, ЧУ «National Laboratory Astana», Астана, Казахстан; e-mail: abylay.abilkhan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1227-5004>.

Наталья Хан* – PhD, Научный сотрудник Лаборатории новых материалов и систем хранения энергии, ЧУ «National Laboratory Astana», Астана, Казахстан; e-mail: natalya.khan@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1794-0018>.

Received 03.10.2024

Revised 19.11.2024

Accepted 20.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-45](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-45)

IRSTI: 55.22.19



M. Maulet*, Zh.B. Sagdoldina^{1,2}, A. Çoruh³, A.B. Alibekova¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
070002, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, st. Shakarima 148

²Shakarim University of Semey,
071412, Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A

³Sakarya University,
54050, Turkey, Sakarya, Esentepe

*e-mail: maulet_meruert@mail.ru

INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF DETONATION Ni-Cr-Al COATINGS

This study explores the tribological properties of Ni-Cr-Al coatings applied through detonation spraying technology, with a focus on the comparison between gradient coatings and homogeneous coatings. Ni-Cr-Al coatings, widely used in aerospace, automotive, and energy industries like power plants, are valued for their exceptional hardness, wear resistance, and high-temperature stability. Gradient coatings, produced by tailoring the detonation spraying parameters, exhibit a microstructure combining a hard, wear-resistant surface with a softer, ductile subsurface, enhancing their load-bearing capacity and tribological performance. Experimental results reveal that gradient coatings achieve lower and more stable friction coefficients (0.3-0.4) compared to homogeneous coatings (0.4-0.5), attributed to their optimized stress distribution and reduced adhesive interactions. These findings underscore the superior wear resistance and durability of gradient Ni-Cr-Al coatings, making them highly suitable for applications involving prolonged operation under sliding conditions. This research contributes to the development of advanced coating systems optimized for demanding operational environments.

Key words: *detonation spraying, Ni-Cr-Al coatings, gradient coatings, homogeneous coatings, tribological properties.*

Introduction

High-performance coatings are essential for enhancing the durability and efficiency of engineering components, especially those exposed to extreme mechanical and thermal stresses. Among various coating systems, nickel-chromium-aluminum (Ni-Cr-Al) coatings have garnered significant attention due to their excellent combination of hardness, corrosion resistance, and high-temperature stability. These properties make Ni-Cr-Al coatings ideal for applications in aerospace, automotive, and energy sectors [1-2]. Detonation spraying is a thermal spray technique that effectively deposits Ni-Cr-Al coatings. Studies have shown that the degree to which the detonation gun barrel is filled with the gas mixture significantly influences the chemical composition and phase structure of the resulting coatings. For instance, higher filling degrees can decrease aluminum content, affecting the formation of Ni-Al phases, which are crucial for enhancing wear resistance [3-4].

The microstructure of Ni-Cr-Al coatings typically comprises a dense metallic matrix reinforced with hard intermetallic phases and oxides. This structure provides a synergistic balance of toughness and wear resistance, enabling the coatings to withstand significant mechanical loads without substantial deformation. Additionally, the formation of a self-healing oxide layer during operation enhances their high-temperature wear and oxidation resistance. Research has demonstrated that gradient Ni-Cr-Al coatings, produced by varying the detonation spraying parameters, exhibit high hardness and improved wear resistance compared to homogeneous coatings [5-6]. Recent investigations have also explored the effects of post-spray treatments on the properties of Ni-Cr-Al coatings. For example, pulsed plasma treatment has been employed to modify the surface characteristics of detonation-sprayed Ni-Cr-Al coatings, leading to enhanced hardness and tribological performance [7]. Furthermore, studies on the high-temperature oxidation behavior of these coatings have shown that both homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings exhibit good resistance to oxidation at elevated temperatures, making them suitable for high-temperature applications [8].

Understanding the relationships between processing parameters, microstructural features, and tribological performance is essential for optimizing Ni-Cr-Al coatings for specific operational conditions. This study aims to investigate the tribological behavior of detonation-sprayed Ni-Cr-Al coatings under various wear conditions, providing insights into their wear mechanisms and contributing to the development of advanced coating systems for high-performance applications.

Materials and methods

Ferrite-pearlite steel 12Kh1MF was selected as the substrate material. The samples were ground using MIRKA grinding paper up to a grit size of 1200 to ensure a uniform and flat surface. Following the grinding process, the samples underwent sandblasting. Ni-Cr-Al coatings were prepared using a powder mixture of Ni-Cr (Ni20Cr80) and Al (99,99%) in the following mass proportions: 80% NiCr (Ni20Cr80) and 20% Al (99,99%). The particle size of the powders ranged from 30 to 45 microns. The coatings were deposited using the CCDS2000 detonation complex (LIH SB RAS, Novosibirsk, Russia), equipped with an electromagnetic gas valve system that precisely regulates the supply of fuel and oxygen, as well as purging operations. A high-precision, computer-controlled gas distribution system was used to fill the gun barrel with gases. Nitrogen served as the carrier gas for the process. A homogeneous Ni-Cr-Al coating was produced by filling the barrel to 50% of its volume. Gradient Ni-Cr-Al coatings were fabricated using a method developed and described in [6], which involves gradually varying the barrel filling volume with the explosive gas mixture during detonation deposition. The gradient coating was achieved by reducing the barrel filling volume progressively from 50% to 25%.

Friction tests were performed on a test stand designed at the Department of Fundamentals of Mechanical Engineering and Tribology, Wrocław University of Science and Technology (Figure 1). The apparatus allows for the evaluation of sliding friction in an alternating motion configuration [9]. During testing, a steel ball was pressed against a steel plate with the tested coating using a normal force F_n applied through weights.

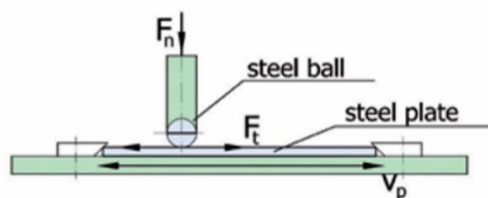


Figure 1 – Scheme of the test bench [10]

The plate movement system consisted of two carriages stacked on top of each other, equipped with bearings to facilitate motion in the same direction. The setup was powered by an electric actuator comprising a stepper motor and a helical gearbox. When extended, the actuator moved the larger carriage, which supported the smaller carriage. A strain gauge force sensor connected the larger carriage to the smaller one, transmitting the force of movement. The relative motion of the smaller carriage with respect to the larger one corresponded to the deflection of the force sensor and clamping components under the frictional force F_t . Each coated sample underwent three measurement series, with each series comprising 200 movement cycles. Each cycle consisted

of two movements (one in each direction) at a maximum velocity (v_{smax}) of 5 mm/s. The duration of movement in each direction was 0.4 seconds. The normal load applied to the friction node was 20 N. Steel bearing balls with a diameter of 4 mm (measured at 3.969 mm) were used in the tests, conducted under dry friction conditions. Before the measurements, the coating surfaces were ground, polished, and cleaned to ensure uniform.

Results and discussion

The friction coefficient analysis of homogeneous (a) and gradient (b) Ni-Cr-Al detonation-sprayed coatings demonstrates distinct differences in tribological behavior (Figure 2). Both coatings exhibit an initial peak in the friction coefficient due to the break-in phase, with the homogeneous coating showing a slightly higher value, likely due to uniform composition and surface asperities. Over time, the gradient coating stabilizes at a significantly lower friction coefficient (0.3-0.4) compared to the homogeneous coating (0.4-0.5). This improved performance is attributed to the gradient coating's microstructural design, which combines a hard wear-resistant surface with a softer, ductile subsurface that enhances load-bearing capacity and reduces adhesive interactions. Consequently, the gradient Ni-Cr-Al coating is more effective in reducing friction and wear, making it highly suitable for applications requiring prolonged operation under sliding conditions.

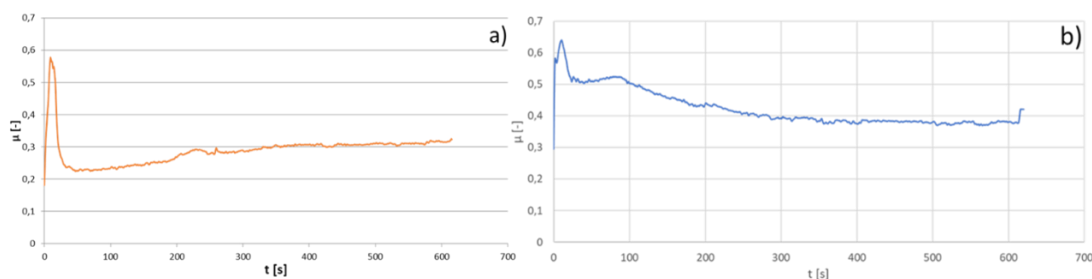


Figure 2 – The friction coefficient analysis of homogeneous (a) and gradient (b) Ni-Cr-Al detonation-sprayed coatings

The comparison of friction coefficients between homogeneous (a) and gradient (b) Ni-Cr-Al detonation-sprayed coatings highlights the influence of microstructural design on tribological behavior. The homogeneous coatings exhibit consistently higher average friction coefficients, ranging from approximately 0,4 to 0,45, as seen in the chart (Figure 3). This suggests a more uniform interaction between the coating surface and the counterbody, which could lead to higher adhesive and abrasive wear under sliding conditions. Conversely, the gradient coatings demonstrate lower average friction coefficients, typically around 0,3 to 0,35, attributed to their tailored microstructure. The gradient design provides a harder wear-resistant surface combined with a softer subsurface, which optimizes stress distribution, reduces localized frictional forces, and enhances wear resistance. The narrower error bars for the gradient coatings also indicate better stability in frictional performance compared to the homogeneous coatings.

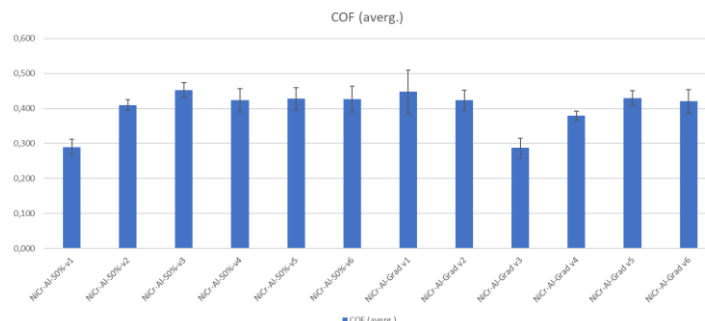


Figure 3 – The comparison of friction coefficients between homogeneous (a) and gradient (b) Ni-Cr-Al detonation-sprayed coatings

Conclusion

This study demonstrates that gradient Ni-Cr-Al coatings exhibit superior tribological performance compared to homogeneous coatings under sliding wear conditions. The tailored microstructure of gradient coatings, comprising a hard surface layer and a ductile subsurface, effectively reduces friction coefficients and enhances wear resistance. In contrast, homogeneous coatings, with their uniform composition, showed higher friction coefficients and greater susceptibility to adhesive and abrasive wear. The gradient coatings also demonstrated better stability in tribological performance, as evidenced by narrower variations in friction coefficient measurements. These results highlight the potential of gradient Ni-Cr-Al coatings for applications requiring high durability and reliability, particularly in industries such as aerospace, automotive, and energy, where components are subjected to extreme mechanical and thermal stresses. Future research should focus on further optimizing the detonation spraying parameters and exploring post-spray treatments to maximize the performance of these advanced coating systems.

References

1. Room- and high temperature wear resistance of MCrAlY coatings deposited by detonation gun (D-gun) and supersonic plasma spraying (SSPS) techniques / M. Kilic et al // Coatings. – 2020. – Vol. 10. – P. 1107.
2. A comparative study of DS NiCrAlY coating and LPPS NiCrAlY coating / Y.J. Zhang et al // Mater. Sci. Eng. – 2003. – V. 360. – P.65-69.
3. Chadami F. Microstructural characteristics and oxidation behavior of the modified MCrAlX coatings: A critical review / F. Chadami, A. Sabour Rough Aghdam, S. Chadami // Vacuum. – 2021. – Vol. 185. – P. 109980.
4. 10500C isothermal oxidation behavior of detonation gun sprayed NiCrAlY coating / Zh. Yu-Juan et al // Surface and Coatings Technology. – 2002. – V.161, № 2-3. – P.302-305.
5. Comparative study of the structure and properties of homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings / B.K. Rakhadilov et al // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2022. – Vol. 6(1). – P. 47-55.
6. Structure and Tribological Properties of Ni-Cr-Al Based Gradient Coating Prepared by Detonation Spraying / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2021. – Vol. 11(2). – P. 218.
7. Yeskermesov D. Surface modification of coatings based on Ni-Cr-Al by pulsed plasma treatment / D. Yeskermesov, B.K. Rakhadilov, L. Zhurerova // AIMS Materials Science. – Vol.1 0(5). – P. 755-766.
8. Investigation of high-temperature oxidation of homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings obtained by detonation spraying / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2024. – Vol. 14(11). – P. 1-11.
9. Kowalewski P. Stanowisko do badań tribologicznych w złożonym ruchu cyklicznym toczno-ślizgowym / P. Kowalewski, W. Wieleba, T. Leśniewski // Tribologia. – 2007. – Vol. 1. – P. 303-311.
10. Tribological wear analysis of Ti-Al composite coatings applied with the cold spray method / M. Rutkowska-Gorczyca et al // Tribologia. – 2023. – Vol. 3. – P. 63-70.

Funding

This research has been funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR24992876)

М. Маулет^{1*}, Ж.Б. Сағдолдина^{1,2}, А. Чорух³, А.Б. Әлібекова¹

¹С. Аманжолов Шығыс Қазақстан Университеті,
070002, Қазақстан, Өскемен, Шөкәрім к-сі 148

²Семей қаласының Шөкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан, Семей, Глинка к-сі, 20 А

³Сакария университеті,
54050, Түркия, Сакария, Есентепе

*e-mail:maulet_meruert@mail.ru

Ni-Cr-Al ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРЫНЫҢ ТРИБОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл зерттеуде детонациялық бүрку әдісімен алынған Ni-Cr-Al жабындарының трибологиялық қасиеттері зерттелді. Ni-Cr-Al градиентті және біртекті жабындарды салыстыруға ерекше назар аударылды. Ni-Cr-Al жабындары авиация, автомобиль және энергетика салаларында кеңінен қолданылады және олардың ерекше қаттылығы, тозуға төзімділігі мен жоғары температуралық

тұрақтылығы жоғары бағаланады. Детонациялық бүрку параметрлерін реттеу арқылы алынған градиентті жабындар қатты тозуға төзімді қабатты және жұмсақ пластикалық астарды біріктіретін микроструктураға ие, бұл олардың жүктемені көтеру қабілетін және трибологиялық қасиеттерін жақсартады. Эксперименттік нәтижелер бойынша градиентті жабындар біртекті жабындарға қарағанда төмен және тұрақты үйкеліс коэффициенттеріне (0,3-0,4) жететіні анықталды (0,4-0,5). Бұл нәтижелер градиентті Ni-Cr-Al жабындарының жоғары беріктік пен ұзақ қызмет етуін көрсетеді, бұл оларды ұзақ мерзімді пайдалану үшін өте қолайлы етеді. Бұл зерттеу экстремалды жағдайларға бейімделген жетілдірілген жабын жүйелерін әзірлеуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: детонациялық бүрку, Ni-Cr-Al жабындары, градиентті жабындар, біртекті жабындар, трибологиялық қасиеттер.

М. Маулет^{1*}, Ж.Б. Сағдолдина^{1,2}, А. Чорух³, А.Б. Алибекова¹

¹Восточно-Казахстанский Университет имени С. Аманжолова,
070002, Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. Шакарима 148

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Казахстан, Семей, ул. Глинка, 20 А

³Университет Сакарья,
54050, Турция, Сакарья, Эсентепе

*e-mail:maulet_meruert@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Ni-Cr-Al

В данном исследовании изучены трибологические свойства покрытий Ni-Cr-Al, нанесённых методом детонационного напыления, с акцентом на сравнение градиентных и однородных покрытий. Покрытия Ni-Cr-Al, широко используемые в аэрокосмической, автомобильной и энергетической отраслях, ценятся за их исключительную твёрдость, износостойкость и стабильность при высоких температурах. Градиентные покрытия, созданные путём настройки параметров детонационного напыления, имеют микроструктуру, которая сочетает твёрдую износостойкую поверхность с мягким пластичным подслоем, что улучшает их способность выдерживать нагрузки и трибологические свойства. Экспериментальные результаты показывают, что градиентные покрытия достигают более низких и стабильных коэффициентов трения (0,3-0,4) по сравнению с однородными покрытиями (0,4-0,5). Эти результаты подчеркивают превосходную износостойкость и долговечность градиентных покрытий Ni-Cr-Al, что делает их особенно подходящими для применения в условиях длительной эксплуатации. Данное исследование способствует разработке усовершенствованных систем покрытий, оптимизированных для работы в экстремальных условиях.

Ключевые слова: детонационное напыление, покрытия Ni-Cr-Al, градиентные покрытия, однородные покрытия, трибологические свойства.

Information about the authors

Meruyert Maulet* – senior researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Zhuldyz Bolatkyzy Sagdoldina – associate Professor, senior researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Ali Çoruh – Head of the General Physics Chair of Sakarya University Faculty of Arts and Sciences Department of Physics, Sakarya, Turkey; e-mail: coruh@sakarya.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7362-6173>.

Balym Alibekovna Alibekova – engineer researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Авторлар туралы мәліметтер

Меруерт Маулет* – Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Жұлдыз Болатқызы Сағдолдина – қауымдастырылған профессор, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Али Чорух – Сакарья Университетінің Өнер Және Ғылым Факультетінің Физика Кафедрасының Жалпы Физика кафедрасының меңгерушісі, Сакарья, Түркия; e-mail: coruh@sakarya.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7362-6173>.

Балым Әлібекқызы Әлібекова – Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Сведения об авторах

Меруерт Маулет* – старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сәрсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Жулдыз Болатқызы Сағдолдина – ассоциированный профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сәрсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: sagdoldina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-2000>.

Али Чорух – Заведующий кафедрой общей физики физического факультета Университета Сакарья, Сакарья, Турция; e-mail: coruh@sakarya.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7362-6173>.

Балым Алибековна Алибекова – инженер-исследователь Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сәрсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Received 06.12.2024

Revised 10.12.2024

Accepted 11.09.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-46](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-46)



МРНТИ: 31.19.15, 31.19.29

Ж.С. Касымова*, Е.П. Евлампиева, А.Н. Кливенко, Р.А. Садыкова

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: kasymova-z@mail.ru

АГРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АГРОБИОЛАБОРАТОРИИ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования агрохимических показателей плодородия пахотного горизонта (0-20 см) каштановой почвы агробиолaborатории НАО «Университет имени Шакарима города Семей». Проведены механический, элементный и гравиметрический анализы 40 почвенных проб с 7 участков под посевами зерновых, бобовых и овощных культур. Установлены оптимальные показатели содержания органического вещества (4,49%), макроэлементов (общий азот – 71,81 кг/га; подвижный фосфор – от 0,37 до 0,88 мг/г; подвижный калий – от 0,26 до 0,47 мг/г; Na – 0,16-0,54 мг/г; Ca – 2,29-3,57 мг/г; Mg – 0,43-1,64 мг/г; Al – 0,82-2,41 мг/г) и микроэлементов питания (Mn – 0,12-0,39 мг/г; Cr – 0,10-0,11 мг/г; Fe – 0,43-0,80 мг/г), показателя pH почвенного раствора (pH_{водн.} 7,7, pH_{сол.} 6,7). По результатам исследований лимитирующими факторами почвенного плодородия являются влажность и механический состав. В настоящее время необходима разработка мелиоративных мероприятий для улучшения низкой влажности (11,72%) и плохой структурности (агрегаты размером от 1 до 5 мм составляют 10-30%) почвы. Результаты агрохимического анализа проб почвы позволили создать базу почвенных данных агробиолaborатории для дальнейших мониторинговых исследований.

Ключевые слова: каштановая почва, органическое вещество, pH почвы, элементный состав, полевая влажность, минеральный азот, фракционный состав.

Введение

Сохранение и рациональное использование почвенного плодородия при хозяйственной деятельности человека имеет огромное значение для интенсификации земледелия, роста урожайности сельскохозяйственных культур, продовольственной безопасности и здоровья населения [1].

В современном земледелии для разработки научных основ инновационных технологий выращивания и улучшения сортов растений используются специализированные агробиолаборатории [2].

Основной целью функционирования агробиолаборатории НАО «Университет имени Шакарима города Семей» является проведение учебных полевых практик и научных исследований по биологическим, географическим, химическим и экологическим дисциплинам. Проведение агрохимического анализа почвы в условиях агробиолаборатории является оптимальным решением выяснения потенциала почвы и оптимизации минерального питания растений. Агрохимический анализ почвы проводится по основным показателям: содержание органического вещества, pH почвенной вытяжки, механический состав, влажность, содержание макроэлементов (нитратного и аммонийного азота, подвижных форм фосфора и калия) [3].

Почвенный покров города Семей области Абай представлен каштановыми почвами. Особенности формирования каштановых почв являются: сухостепная зона распространения, резко континентальный климат с продолжительным теплым летом и холодной относительно малоснежной зимой, недостаточность и неустойчивость увлажнения, развитость волнисто-увалистого равнинного рельефа местности, развитие солонцеватости, значительная варьированность агрохимического состава и свойств. Также городские почвы и выращиваемые на них растениеводческие культуры подвержены загрязнению атмосферными выбросами промышленных предприятий, объектов теплоснабжения и транспорта. На каштановых почвах выращивают зерновые, овощные, масличные, плодовые, бахчевые и другие культуры [4].

Неблагоприятный водный режим и недостаток питательных веществ в каштановых почвах требуют источников влаги от орошения, снегозадержания и внесения минеральных и органических удобрений. Каштановые почвы с легким механическим составом подвергаются водной и ветровой эрозии и для них необходимо применение противоэрозионных мероприятий [5].

В связи с этим, весьма важны и актуальны знания об агрохимических свойствах почвы, определяющих ее плодородие и пригодность для возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур.

Методы исследования

Для оценки плодородия почвы на территории агробиолаборатории было отобрано 40 почвенных проб с 7 участков под различными посевами. Отбор проводился в начале июня 2024 г. с верхнего горизонта глубиной 0-20 см методом «конверта», после чего готовились смешанные образцы с каждого участка: образец 1 – под посевами рапса, образцы 2, 4 – под посевами пшеницы, образец 3 – под посевами кукурузы, образец 5 – под посевами картофеля, образцы 6, 7 – под посевами гороха.

Отбор проб почвы, их хранение, транспортировка и подготовка к химическому анализу проводилась в соответствии с [6, 7].

Для изучения агрохимических свойств почвы использовали методы физико-химического анализа: получение почвенной вытяжки – метод экстракции, изучение механического состава – сухое просеивание, измерение pH почвенного раствора – потенциометрическое титрование, элементный анализ – оптико-эмиссионная спектроскопия, определение органического вещества и полевой влажности – гравиметрия. Аналитическая повторяемость экспериментов – трехкратная.

Величину актуальной кислотности определяли в водной вытяжке из почвы. Величину обменной кислотности определяли в вытяжке из почвы 1 н. раствора KCl. Для этого 1 г почвы помещали в колбу емкостью 100 мл и перемешивали на возвратно-поступательном шейкере LOIP LS-120 в течение 10 мин для лучшего диспергирования почвы в водном/солевом растворе. Полученные почвенные суспензии оставляли на 24 часа и после фильтровали

через бумажный фильтр до прозрачного экстракта. Определение кислотности почвенных экстрактов проводили на рН-метре [7].

Для определения структурного состава методом сухого рассева почвы применяли колонку из 7 сит с отверстиями: 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5 и 0,25 мм. Сита ставили одно на другое и просеивали 100 г почвы сразу через все сита. Процентное содержание (X, %) в почве структурных отдельностей различного диаметра рассчитали по формуле 1:

$$X = \frac{A \cdot 100}{P} \quad (1)$$

где A – вес структурной отдельности данного размера (данной фракции), г;

P – вес почвы, взятой для просеивания, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты [8].

Элементный анализ почвенных образцов проводили на спектрометре FPI EXPEC-6500. Определили содержание кальция, магния, калия, натрия, фосфора, железа, хрома, марганца и алюминия в кислотной вытяжке почвы. Почвенную вытяжку готовили следующим образом: 2 г сухой почвы помещали в круглодонную колбу, вносили 20 мл 3% раствора азотной кислоты и перемешивали на возвратно-поступательном шейкере LOIP LS-120 в течение 60 минут. Полученную почвенную суспензию фильтровали через бумажный фильтр. Полученный фильтрат разбавляли в 50 раз дистиллированной водой.

Для расчета концентрации элемента в почве (C, мг/г) использовали формулу 2:

$$C = \frac{a \times 20}{0.5 \times 2 \times 1000} \quad (2)$$

где a – значение концентрации элемента, показываемого прибором, мкг/мл;

20 – объем вытяжки, мл;

2 – масса почвенной навески, г;

1000 – пересчетный коэффициент для перевода массы из микрограммов в миллиграммы.

Для определения полевой влажности свежий образец почвы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 5 часов до постоянной массы. Полевую влажность (B, %) рассчитывали в весовых процентах по формуле 3:

$$B = \frac{a \cdot 100}{b} \quad (3)$$

где a – масса испарившейся влаги, г;

b – масса сухой почвы после высушивания, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты [7].

Содержание органического вещества почвы определяли методом сухого озоления (разложение органических веществ при температуре 600°) по массе зольного остатка. Потерю массы почвы при прокаливании принимали за массовую долю органического вещества [9].

Результаты исследований

Результаты агрохимического анализа почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические свойства каштановой почвы, отобранной на территории агробиолаборатории

Образец	Органическое вещество, %	Минеральный азот, кг/га	Полевая влажность, %	рН		Содержание фракций, %		
				водн.	сол.	5-1 мм	5-2 мм	2-1 мм
1	5,04-5,59	80,64-89,44	9,74-10,02	8,2	6,5	13,55	6,05	7,50
2	4,87-6,37	77,92-101,92	9,26-12,85	8,2	6,8	25,05	13,07	11,98
3	3,43-3,63	54,88-58,08	11,51-12,70	7,5	7,0	21,08	10,53	10,55
4	4,03-4,23	64,48-67,68	12,35-12,63	7,3	6,6	22,84	12,12	10,72
5	3,95-4,24	63,20-67,84	11,40-14,80	7,3	6,7	28,04	14,67	13,37

Результаты элементного анализа почвы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Элементный состав каштановой почвы, отобранной на территории агробиолaborатории

Элемент	Содержание элемента в образце почвы, мг/г						
	1	2	3	4	5	6	7
K	0,47±0,02	0,29±0,01	0,47±0,02	0,35±0,01	0,26±0,005	0,41±0,01	0,26±0,002
Na	0,54±0,03	0,33±0,01	0,25±0,01	0,36±0,02	0,23±0,01	0,40±0,02	0,16±0,001
Ca	3,57±0,30	2,48±0,16	3,35±0,18	2,29±0,12	2,29±0,12	3,25±0,09	2,82±0,05
Mn	0,27±0,01	0,39±0,002	0,18±0,002	0,18±0,001	0,23±0,001	0,20±0,001	0,12±0,001
Al	1,25±0,02	2,41±0,11	1,32±0,03	1,52±0,01	2,20±0,09	1,62±0,02	0,82±0,01
Cr	0,11±0,004	0,11±0,003	0,10±0,002	0,10±0,001	0,10±0,001	0,10±0,001	0,10±0,001
Fe	0,43±0,01	0,68±0,06	0,50±0,01	0,54±0,01	0,80±0,04	0,56±0,01	0,65±0,01
Mg	0,77±0,01	1,64±0,06	0,72±0,01	0,79±0,02	1,13±0,05	0,84±0,01	0,43±0,002
P	0,87±0,04	0,37±0,01	0,60±0,03	0,55±0,02	0,63±0,02	0,55±0,02	0,88±0,04

Обсуждение научных результатов

Органическое вещество почвы – это фактор плодородия почвы, источник энергии для ее развития и формирования, служит своеобразным резервом необходимых растениям питательных веществ, имеет большое влияние на структуру почвы. Содержание органического вещества в исследуемой почве колеблется от 3,43 (образец 3) до 6,37 (образец 2), при среднем содержании 4,49 %. Согласно [10] оптимальным показателем содержания органического вещества считается значение выше 3%.

Азот – важнейший элемент минерального питания растений, обеспеченность которым во многом определяют эффективность и устойчивость функционирования агроэкосистем. Потребность растений в азоте осуществляется в основном за счет почвенных запасов. Содержание и распределение азота в почве зависят от природно-экологических факторов, которые определяют микробиологическую деятельность почв. Степень проявления этих факторов определяется и зависит от основных факторов почвообразования, климата и рельефа местности. Содержание минерального азота варьирует от 54,88 (образец 3) до 101,92 (образец 2), при среднем значении 71,81 кг/га, что говорит о его повышенном содержании в почве. Аккумуляция азота в почве является характерным признаком почвообразования, а запасы общего азота определяют потенциальное плодородие [11].

Полевая влажность отражает текущее содержание влаги в почве. Наличие достаточного количества влаги в грунте необходимо для полноценного роста растений и получения хорошего урожая. Влага извлекается ими из почвы в самой начальной стадии процесса набухания семян и во все последующие фазы развития. Анализ показал, что средний показатель влажности почвы составил 11,72%, что говорит о ее низком значении. В результате понижения уровня влаги почва становится более плотной, корневая система не получает необходимого количества воды и полезных микроэлементов, снижается урожайность овощных и плодовых культур, при длительной засухе растения могут погибнуть. Рекомендуются нормализовать уровень влаги в грунте методом гидромелиорации, добавлением полимерных структурообразователей, торфа или перегноя [5, 11].

Рост и развитие растений зависят от соотношения в почве ионов водорода (H^+) и гидроксидов (OH^-), т.е. от *реакции почвенной среды*. Если преобладают ионы водорода – почва кислая, ионы гидроксидов – щелочная. Неблагоприятными для растений являются как сильнокислые, так и щелочные почвы. В лабораторных условиях были определены $pH_{водн.}$ – актуальная кислотность и $pH_{сол.}$ – обменная кислотность. Результаты показали, что по показателю $pH_{водн.}$ 7,7 почвы относятся к слабощелочным, а по $pH_{сол.}$ 6,7 – к нейтральным. Так как, исследуемая почва слабощелочная, не нужно производить известкование почвы и подбор растений, предпочитающих произрастать на кислых почвах [5].

Структурный состав почвы называется относительное содержание в почве структурных отдельностей (агрегатов) различной величины. С агропроизводственной точки зрения наиболее ценны структурные отдельности почвы размером от 1 до 5 мм. Для установления процентного содержания в почве структурных отдельностей этого размера проводится суммирование процентного содержания в почве фракций 1-2 мм, 2-3 мм, 3-5 мм: хорошо структурные почвы содержат агрегатов размером от 1 до 5 мм более 80%, средне структурные – от 30 до 80% и плохо структурные – менее 30%, бесструктурные – 5-10%. Исследуемые почвы характеризуются как плохо структурные [8].

Элементный состав почвы при проведении агроэкологических исследований является необходимой количественной диагностикой для установления количества легкорастворимых (подвижных), усваиваемых растениями макроэлементов (азота, фосфора, калия и др.) и микроэлементов (марганца и др.), а также расчета доли техногенности элементов. По данным анализа выявляют обеспеченность почв питательными веществами и определяют потребность почвы в удобрениях. В исследуемых почвах амплитуда колебаний подвижного фосфора составляет от 0,37 до 0,88 мг/г, подвижного калия – от 0,26 до 0,47 мг/г, что соответствует более чем достаточному уровню их содержания в почве. Содержание всех микроэлементов-металлов соответствует гигиеническим нормативам [12].

Заключение

На основе агрохимического анализа проведена комплексная оценка свойств почвы, определяющих рост и развитие растений, такие как механический состав, полевая влажность, реакция среды (pH), насыщение макроэлементами и микроэлементами, органическим веществом, доступность питательных элементов (азот, калий, фосфор). Исследование показывает, что баланс элементов отвечает потребностям растений, необходимы повышение влажности и структурности почвы для получения устойчивой урожайности.

Список литературы

1. Neagu A-A. Analysis of Soils Parameters in Correlation with Vegetation Period / A-A. Neagu, A. Soceanu, S. Birghila // Rev. Chim. – 2020. – 71 (9). – P. 210-220.
2. Об инновационных технологиях в земледелии [Электрон. ресурс] / И.Я. Пигорев и др. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-innovatsionnyh-tehnologiyah-v-zemledelii> (дата обращения: 01.11.2024).
3. Drivers of nutrient content and spatial variability of soil multifunctionality in the topsoil of Kyrgyzstan / Y. Chen et al // Frontiers in Environmental Science. – 2022. – V. 10.
4. Елешев Р.Е. Состояние плодородия почв Казахстана и стратегия применения минеральных удобрений / Р.Е. Елешев // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 3. – С.138-148.
5. Preparation and Properties of Interpolymer Complexes Capable of Soil Structuring / Zh.S. Kassymova et al // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2019. – Vol. 92. – № 2. – P. 208-217.
6. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 01.01.2019. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 15 с.
7. Спирина В.З. Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений: учеб. пособие / В.З. Спирина, Т.П. Соловьева. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 336 с.
8. Soil Structuring in the Presence of the Chitosan Polyacrylic Acid Interpolymer Complex / L.K. Orazzhanova et al // Eurasian Soil Sci. – 2020. – № 53. – P. 1773-1781.
9. ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.08.2022. – Москва: Российский институт стандартизации, 2021. – 12 с.
10. Жлоба Л.Д. Органическое вещество почвы и его групповой состав в различных севооборотах / Л.Д. Жлоба, К.К. Кунанбаев, Н.Б. Зуева // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 3. – С. 34-42.
11. Development of Interpolyelectrolyte Complex Based on Chitosan and Carboxymethylcellulose for Stabilizing Sandy Soil and Stimulating Vegetation of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) / N. Berikbol et al // Polymers. – 2024. – №1 6. – P. 2373.
12. Митрохина О.А. Анализ содержания микроэлементов в различных типах почв и их взаимосвязи с урожайностью сельскохозяйственных культур на территории Центрально-Черноземного региона / О.А. Митрохина, Л.Н. Караулова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Том 65, № 4(388). – С. 355-357.

References

1. Neagu A-A. Analysis of Soils Parameters in Correlation with Vegetation Period / A-A. Neagu, A. Soceanu, S. Birghila // Rev. Chim. – 2020. – 71 (9). – P. 210-220. (In English).

2. Ob innovatsionnykh tekhnologiyakh v zemledelii [Elektron. resurs] / I.YA. Pigorev i dr. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-innovatsionnyh-tehnologiyah-v-zemledelii> (data obrashcheniya: 01.11.2024). (In Russian).
3. Drivers of nutrient content and spatial variability of soil multifunctionality in the topsoil of Kyrgyzstan / Y. Chen et al // *Frontiers in Environmental Science*. – 2022. – V. 10. (In English).
4. Eleshev R.E. Sostoyanie plodorodiya pochv Kazakhstana i strategiya primeneniya mineral'nykh udobrenii / R.E. Eleshev // *Pochvovedenie i agrokhimiya*. – 2015. – № 3. – S. 138-148. (In Russian).
5. Preparation and Properties of Interpolymer Complexes Capable of Soil Structuring / Zh.S. Kassymova et al // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2019. – Vol. 92. – № 2. – R. 208-217. (In Russian).
6. GOST 17.4.4.02-2017 Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. – Vved. 01.01.2019. – Moskva: Standartinform, 2018. – 15 s. (In Russian).
7. Spirina V.Z. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv, rastenii i udobrenii: ucheb. posobie / V.Z. Spirina, T.P. Solov'eva. – Tomsk: Izdatel'skii Dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. – 336 s. (In Russian).
8. Soil Structuring in the Presence of the Chitosan Polyacrylic Acid Interpolymer Complex / L.K. Orazzhanova et al // *Eurasian Soil Sci*. – 2020. – № 53. – R. 1773-1781. (In English).
9. GOST 26213-2021 Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva. – Vved. 01.08.2022. – Moskva: Rossiiskii institut standartizatsii, 2021. – 12 s. (In Russian).
10. Zhloba L.D. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego gruppovoi sostav v razlichnykh sevooborotakh / L.D. Zhloba, K.K. Kunanbaev, N.B. Zueva // *Pochvovedenie i agrokhimiya*. – 2020. – № 3. – S. 34-42. (In Russian).
11. Development of Interpolyelectrolyte Complex Based on Chitosan and Carboxymethylcellulose for Stabilizing Sandy Soil and Stimulating Vegetation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) / N. Berikbol et al // *Polymers*. – 2024. – №1 6. – R. 2373. (In English).
12. Mitrokhina O.A. Analiz sodержaniya mikroelementov v razlichnykh tipakh pochv i ikh vzaimosvyazi s urozhainost'yu sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na territorii Tsentral'no-Chernozemnogo regiona / O.A. Mitrokhina, L.N. Karaulova // *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. – 2022. – Tom 65, № 4(388). – S. 355-357. (In Russian).

Информация о финансировании

Работа проведена в рамках инициативного гранта НАО «Университет имени Шакарима города Семей» № госрегистрации 0124РКИ0267 «Интегрированный анализ агрохимических характеристик почвенной среды, выявление видового состава растительного покрова на территории агробиологической лаборатории и перспективы развития».

Ж.С. Касымова*, Е.П. Евлампиева, А.Н. Кливенко, Р.А. Садыкова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
*e-mail: kasymova-z@mail.ru

АГРОБИОЛАБОРАТОРИЯДА ЕГІНШІЛІКТІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН ТОПЫРАҚ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫН АГРОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Мақалада «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ агробиологическая лабораториясының күрең топырағының егістік қабатының (0-20 см) құнарлылығының агрохимиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Дәнді, бұршақ және көкөніс дақылдарының 7 үлескесінен 40 топырақ сынамасына механикалық, элементтік және гравиметриялық анализ жүргізілді. Органикалық заттардың (4,49%), макроэлементтердің (жалпы азот – 71,81 кг/га; жылжымалы фосфор – 0,37-ден 0,88 мг/г дейін; жылжымалы калий – 0,26-ден 0,47 мг/г дейін; Na – 0,16-0,54 мг/г; Ca – 2,29-3,57 мг/г; Mg – 0,43-1,64 мг/г; Al – 0,82-2,41 мг/г) және микроэлементтердің (Mn – 0,12-0,39 мг/г; Cr – 0,10-0,11 мг/г; Fe – 0,43-0,80 мг/г), топырақ ерітіндісінің рН (рН_{сулы} 7,7, рН_{тұзды} 6,7) мөлшерінің оңтайлы көрсеткіштері белгіленді. Зерттеу нәтижелері бойынша топырақ құнарлылығының шектеуші факторлары ылғалдылық пен механикалық құрам болып табылады. Қазіргі уақытта топырақтың төмен ылғалдылығын (11,72%), және нашар құрылымын (1-ден 5 мм-ге дейінгі агрегаттар 10-30%) жақсарту үшін мелиорациялық шараларды әзірлеу қажет. Топырақ сынамаларын агрохимиялық талдау нәтижелері одан әрі

мониторингтік зерттеулер жүргізу үшін агробиолaborаторияның топырақ деректер базасын құруға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: күрең топырағы, органикалық заттар, топырақтың рН мәні, элементтік құрамы, дала ылғалдылығы, минералды азот, фракциялық құрамы.

Zh. Kassymova*, Y. Yevlampiyeva, A. Klivenko, R. Sadykova

Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

*e-mail: kasyanova-z@mail.ru

AGROCHEMICAL STUDY OF SOIL FERTILITY TO OPTIMIZE AGRICULTURE IN AGROBIOLABORATORY

The article presents the results of a study of agrochemical indicators of fertility of the arable layer (0-20 CM) of purple soil of the agrobiolaboratory of NPJSC «Shakarim University of Semey». Mechanical, elemental and gravimetric analysis of 40 soil samples from 7 shares of cereals, legumes and vegetable crops was carried out. Of organic substances (4,49%), macronutrients (total nitrogen – 71,81 kg/ha; mobile phosphorus – from 0.37 to 0.88 mg/g; mobile potassium – from 0,26 to 0,47 mg/g; Na – 0,16-0,54 mg/g; Ca – 2,29-3,57 mg / g; Mg – 0,43-1,64 mg/g; Al – 0,82-2,41 mg/g) and trace elements (Mn – 0,12-0,39 mg/g; Cr – 0,10-0,11 mg/g; Fe – 0,43-0,80 mg/g), pH of the soil solution (pH 7,7, pH 6,7) optimal performance indicators. According to the results of the study, the limiting factors of soil fertility are humidity and mechanical composition. Currently, it is necessary to develop reclamation measures to improve the low moisture content of the soil (11,72%,) and poor structure (aggregates from 1 to 5 mm by 10-30%). The results of agrochemical analysis of soil samples made it possible to create a soil database of the agrobiolaboratory for further monitoring studies.

Key words: purple soil, organic matter, soil pH value, elemental composition, steppe moisture, mineral nitrogen, fractional composition.

Сведения об авторах

Жанар Сайлаубековна Касымова* – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химия и экология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kasyanova-z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4971-6638>.

Елена Петровна Евлампиева – кандидат биологических наук, координатор Центра организации научных исследований; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Алексей Николаевич Кливенко – PhD, руководитель Научного центра «Радиоэкологических исследований»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

Райгуль Алимгазиевна Садыкова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Химия и биология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: sadykova.raigul@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-7489>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жанар Сайлаубековна Касымова* – биология ғылымдарының кандидаты, «Химия және экология» кафедрасының доценті; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kasyanova-z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4971-6638>.

Елена Петровна Евлампиева – биология ғылымдарының кандидаты, Ғылыми зерттеулерді ұйымдастыру орталығы үйлестірушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Алексей Николаевич Кливенко – PhD, «Радиоэкологиялық зерттеулер» ҒО жетекшісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

Райгуль Алимгазиевна Садыкова – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, «Химия және биология» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: sadykova.raigul@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-7489>.

Information about the authors

Zhanar Kassymova* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kasyanova-z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4971-6638>.

Yelena Yevlampiyeva – Candidate of Biological Sciences, Coordinator of the Center for the Organization of Scientific Research; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Alexey Klivenko – PhD, Head of the Scientific Center for Radioecological Research; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

Raigul Sadykova – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Chemistry and Biology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: sadykova.raigul@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-7489>.

Поступила в редакцию 03.11.2024
Поступила после доработки 02.12.2024
Принята к публикации 11.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-47](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-47)



FTAXP: 61.51.37

Н.Н. Несипбаева^{1*}, Е.А. Акказин¹, Е.К. Онгарбаев²

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық Университеті,
50010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Достық даңғылы, 13

²Жану проблемалары институты,
50012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Бөгенбай батыр көшесі, 172
*e-mail: nuripanesipbaeva54@gmail.com

АУЫР МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН ЖОЛ БИТУМДАРЫНЫҢ САПАСЫН АРТТЫРУ

Аңдатпа: Мұнай және мұнайды өңдеу өнімдері шикізат пен реагент ретінде өнеркәсіптің әртүрлі салаларында – энергетика, автокөлік майларын өндіру, химиялық бояу өнімдері, көмірді флотациялық байыту процестерінде және т. б. кеңінен қолданылады. Онымен қоса, мұнай битумдарын құрылыс материалдары мен автокөлік жолдарын жасауда, аэродромдарды жөндеуде пайдаланылады. Мұнай өнімдерінің, соның ішінде битум құрамы әртүрлі құрылымдар мен құрамдағы органикалық қосылыстардан тұрады, олардың ішінде парафинді-нафтен, алкилалмастырғыш, моно- және бициклді хош иісті көмірсутектер, қанықпаған және гетероатомды қосылыстардың шамалы мөлшері бар. Замануи жол құрылысына арналған материалдарды үнемдеу және олардың сапасын жақсарту қазіргі өндірістік технологияның басты мәселелерінің бірі болып отыр. Мұнай қалдықтарын қайта өңдеу, ауыр мұнай қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін азайту мақсатында оларды қайталама минералдық шикізат ресурстары ретінде пайдалану қажет. Сонымен қатар автокөлік жолдарын төсеуге арналған сапалы жабындар сұрағы Қазақстанның түрлі өңірлерінде бұрыннан өзекті мәселе болып отыр. Мақалада озондаудың мұнай мен мұнай өнімдерінің химиялық құрамына әсерін бағалау ұсынылған. Осы мақсатта жүргізіліп жатқан еліміздегі және шетелдік зерттеушілердің ғылыми ізденіс жұмыстарына аналитикалық шолу жасалды.

Түйін сөздер: гудрон, битум, асфальтбетон, озондау, тотықтыру.

Кіріспе

Қазіргі уақытта мұнай битумдары елімізде, сондай-ақ шетелде көп тонналы мұнай өндірісіне жатады [1]. Битумдар құрылымы бойынша ерекше физика-химиялық қасиеттері бар өте жақсы байланыстырушы материал болып табылады. Нәтижесінде олар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында кең сұранысқа ие. Битумның негізгі тұтынушысы – жол құрылысы [2].

Тауарлық өнім ретінде битум өндірісі әлемдік мұнай өндеудің жалпы көлемінің шамамен 3-4% құрайды. 2024 жылға дейін әлемдік сарапшылар жол және құрылыс салаларында битум материалдарына сұраныс артады, бұл өндірістің айтарлықтай өсуіне әкеледі деп санайды.

Әлемнің көптеген елдері қолданатын жол жамылғысының сапасы туралы, сондай-ақ автомобиль жолдарының желілерін кеңейту туралы ойлана бастады. Сарапшылар тұтыну жалпы сұраныстың 80%-дан астамын қамтиды деп санайды. Бразилия, Қытай, Үндістан және

т.б. дамыған елдерде жаңа жол жабындарының құрылысы өте белсенді жүріп жатқандығы белгілі. Дамыған елдер қолданыстағы жол жабындыларын жөндеумен көбірек айналысады. Кейбір сарапшылар [1, 3] 2050 жылға қарай жолдардың жалпы ұзындығы шамамен 2 есе артады деп болжайды. Қазіргі кезде де ең ірі құрылыс жобалары Үндістан мен Қытайда жүзеге асырылуда. Трансафрика тас жолының құрылысына байланысты Шығыс және Орталық Африкада битум материалдарына сұраныс артып отыр.

Мұнай битумдарын өндірудің негізгі шикізаты мұнай өндірісінің қалдық өнімдері (гудрон, мазут, кремний қалдықтары, пиролиз смоласы және т.б.) болып табылады. Шикізат құрамындағы аздаған өзгерістердің өзі – топтық көмірсутектік құрамының өзгерісі (парафин, ароматты көмірсутектердің, асфальтендердің құрамы) алынатын битум материалдарының сапасына айтарлықтай әсер етеді.

Қазіргі уақытта өндірілетін битум материалдарының сапасы, сондай-ақ оларды өндіру көлемі қазіргі битум материалдары нарығының талаптарына толық сәйкес келмейді. Сондықтан МӨЗ (мұнай өңдеу зауыты) алдында заманауи битум материалдары өндірісін қайта құру мәселесі тұр. Бұл мәселені шешудің кешенді тәсілі битум материалдарын өндіруді заманауи деңгейге шығаруға мүмкіндік береді, оған мыналар кіреді:

- топтық көмірсутек құрамын өзгерту арқылы битум материалдарын өндіру үшін битум шикізатының сапасын әртүрлі қоспалармен біріктіру немесе активтендіру арқылы жақсарту;
- фазааралық тотығу бетін арттыру арқылы шикізаттың тотығу блогының тиімділігін арттыру;
- битуммен шикізатты біріктіру блогын құрастыру кәсіпорынға шығарылатын өнім ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді, сондай-ақ бұл шикізат құрамының өзгеруіне теріс әсерін, атап айтқанда оның битум сапасына әсерін болдырмауға мүмкіндік береді;
- битумдардың қасиеттерін өзгерту үшін полимерлермен біріктіру блогын жасау қажет, бұл сапалы жолдарды салу үшін полимерлі битумды байланыстырғыштар өндірісін ұйымдастыруға мүмкіндік береді;
- ескірген жабдықтарды ауыстыру немесе жетілдіру, тотығу процестерін (битумды шикізатпен біріктіру) автоматтандыру [4, 5].

Шикізаттың топтық химиялық құрамының битум сапасына әсері

Мұнай битумдарының қасиеттері негізінен оның топтық химиялық құрамына байланысты, ал бұл өз кезегінде мұнай шикізатының табиғаты мен битум өндіру технологиясына байланысты [6].

Физика-химиялық қасиеттері (жұмсару температурасы, созылу және басқа да көрсеткіштері) бірдей тауарлық битумдар әртүрлі эксплуатациялық қасиеттерге ие болуы мүмкін.

Мұнай битум өндіруге жарамдылығына байланысты оның құрамындағы қатты парафиндер, шайыр және асфальтендердің болу ара-қатынасына қарай үш топқа бөлінеді: ең жақсы мұнай, жарамды мұнай және жарамсыз мұнай [7].

Осы классификацияны пайдалана отырып жақсартылған жол битумдарын алуға қажетті шикізатты таңдауға болады.

Ароматты негіздегі жоғары шайырлы мұнайдың қалдықтары тотыққан битумдарды алу үшін ең жақсы шикізат болып табылады. Бұл ретте шайырлы күкіртті мұнайды айдаудың ауыр қалдықтарының құрамына кіретін күкірт жоғары сапалы битумдарды алуға мүмкіндік береді [7, 8].

Битумдардың химиялық құрамы басқа мұнай фракцияларына қарағанда әлдеқайда күрделі. Битумдардың элементтік құрамы келесідей болып келеді: С – 80-87%, Н₂ – 10-12%, О₂ – 5-10%, S – 1-5%, N₂ – 1%-ға дейін. Мұнай құрамындағы күкірттің мөлшері кең ауқымды өзгереді; өңдеу кезінде күкірттің негізгі мөлшері битумда шоғырланып, кейде 2-5%-ға дейін жетеді. Аз мөлшердегі күкірт, азот және оттегі битумның полимеріне үлкен әсерін тигізді [6].

Соңғы жылдары автомобиль жолдарындағы, автодром және көпірлердегі асфальтбетонды жабындардың қызмет ету мерзімі айтарлықтай қысқарды. Автомобильдердің көбеюінен туындаған қарқынды қозғалыс пен жүк салмағының артуы осы мәселеге себеп болып отыр, бұған ауа райының әсерін де қосу керек. Асфальтбетонды жабындардың қызмет ету мерзімін ұзартудың маңызды шешімі мұнай жол битумдарының сапасын арттыру мен олардың эксплуатациялау шарттарын ескере отырып дұрыс таңдау болып табылады.

Жол жабындарын дайындауда инновациялық технологияларды қолдану үлкен қарқын алуда. Осы мақсатта асфальтбетонды жабындардың негізі ретінде төменгі қабаттарға қозғалмайтын және жарылмайтын қасиеттерге ие арнайы инновациялық материалдарды (жастықша) пайдаланып, тек беткі қабаттарына ғана асфальтбетонды жабынды төсейді [9]. Әр елдің инновациялық технологияларды қолданудың өзіндік технологиясы мен әдістемесі бар. Еуропа континентінде жол сапасы бойынша алдыңғы орынды Германия алады: ондағы жастықшаның қалыңдығы 2 м дейін жетеді, жоғары қабатқа төселетін асфальтбетонды жабынға қолданатын битум негізіндегі біріктіргіштердің сапасы әрдайым жетілдіріліп отырады [10]. Қазақстанның солтүстік өңірлеріне ұқсас климаты бар Финляндия сапалы автомобиль жолдары бар елдердің үштігіне кіреді. Бұл ел жастықша сапасын арттырумен қатар, жолға төселетін топырақты қозғалысқа ұшырамайтындай тұрақтандырудан өткізеді [11].

Битумдардың сапасын жақсарту бағыттарының бірі олардың беріктік, деформациялық және адгезиялық сипаттамаларын арттыруға мүмкіндік беретін полимерлік материалдармен модификациялау болып табылады [12]. Модификациялау нәтижесінде алынған полимерлі битумды біріктіргіш полимер макромолекулаларының кеңістікті құрылымдық торының болуымен ерекшеленеді, бұл өз кезегінде біріктіргішке жоғары беріктік пен серпімділік береді [13,14]. Бұл асфальтбетон эксплуатациясы кезінде жоғары температуралар диапазонында деформацияға тұрақтылығын арттырады, әсіресе, шұғыл континенталды климатты жерлерде жол жабындарының қызмет ету мерзімін ұзартады.

Талқылау

Битум сапасын заманауи модификаторлармен (полимерлі қоспалар, наномодификаторлар және т.б.) жақсарту мақсатында жүргізілген көптеген зерттеу жұмыстары белгілі [15-16]. Жол төсемдерін салуда наноматериалдарды қолдануға көбірек көңіл бөлінуде, өйткені қазірдің өзінде наноматериалдармен өзгертілген асфальтбетондар қарқынды көлік қозғалысы және климаттың өзгеруі жағдайында жоғары өнімділікті қамтамасыз ете алатындығы анықталды.

Битум өндірісінде парафинді шикізатты өңдеу кезінде жоғары жабысқақ және пластикалық қасиеттерге ие тотыққан битумдарды алу қиын. Қалыпты құрылымдағы қаныққан көмірсутектер шикізаттарына реттелетін және жеткілікті жоғары тотығу температуралары химиялық тұрғыдан тотығу үрдісінде жеткілікті инертті қосылыстар, олар тотықтырмайды және тіпті басқа компоненттердің тотығуын тежейді. Шикізаттан өнімге өзгермеген күйде өтуіне байланысты негізгі битум қасиеттері нашарлайды, ол парафиндердің кристалдық құрылымымен түсіндіріледі, ол битумға серпімді-тұтқыр қасиеттерді бермейді. Дегенмен, парафиндер төмен температурада деструктивті тотығуға ұшырайды. Нәтижесінде оксоқосылыстар қарқынды түрде түзіледі, олар температураның жоғарылауымен үдерісте шайырлы-асфальтенді заттардың құрамын арттырады, ол битум сапасының негізгі көрсеткіштеріне оң әсер етеді (қаттылық, пластикалық, созылғыштық). Алайда, битум құрамында парафин-нафтендік қосылыстар 10-12% болуы оның пластикалығын қамтамасыз ету үшін жеткілікті.

Мұнай қалдықтарының тотығу процесін жүргізу кезінде көптеген реакциялар жүреді, мұнда температура коэффициенттері мен жылдамдық константаларының тотығулары әртүрлі. Процестің температурасы әртүрлі жылдамдатылуы мүмкін бірнеше процестер, сондықтан битум әртүрлі құрамы мен қасиеттерімен алынуы мүмкін. [16] тотығу процесінің температурасы 270°C жоғарылағанда атмосфералық оттегінің пайдалану дәрежесі төмендейтіні және крекинг реакциясының жылдамдығы да артады, 300°C жоғары температурада карбендер мен карбоидтардың қарқынды түзілуі жүреді, олар сынғыштық температурасын және жұмсарту температурасын жоғарылатады, иненің ену тереңдігін, битумның созылу және серпімділік диапазонын төмендетеді.

Сондықтан жоғары парафинді шикізат үшін процесті екі сатылы тотығу әдісіне сәйкес жүргізген жөн, әр кезең үшін оңтайлы температураны таңдап алу қажет. Бірінші кезеңде шикізаттың тотығу температурасын таңдауға негізделеді, қатты парафиндердің және парафиндік-нафтенді көмірсутектердің жоғары құрамымен сипатталатын шикізаттың құрамы. Парафиндердің тотығуы үшін оңтайлы температура 90°C-110°C деп есептеледі, парафинді-нафтенді қосылыстар үшін 120°C-140°C. Тотығу температурасы жоғарылағанда шикізаттың дегидрленуі есебінен оттегінің шығыны артады, ал оттегінің негізгі үлесі су түзілуіне кетеді,

күрделі эфир топтарындағы, тотыққан битумдағы әлсіз қышқылдар мен фенолдардағы оттегі мөлшері азаяды, ал битумдағы полициклді ароматты қосылыстардың сыну көрсеткіші жоғарылайды. Тотығу температурасы 250°C жоғарылағанда битумның жұмсару температурасы мен сынғыштығының мәндері жоғарылайды, бірақ сонымен бірге тотыққан битумдардың иненің ену тереңдігінің, ыстыққа төзімділігінің, созылғыштығының және пластикалық диапазонының мәндері төмендейді.

Осылайша, тотығу процесінің температурасын 210°C-250°C диапазонында өзгерту иненің ену тереңдігін арттырады, ал оны 250°C-тан жоғарылату оларды азайтады. Сондықтан шайырдың тотығу процесінің температурасын таңдау арқылы, нәтижесінде алынған битумның сапа көрсеткіштерін оңтайлы мәндерге келтіруге болады. Гудронның битумға тотығуы өндірістік тотығу колоннасының жұмысын имитациялайтын және реакциялық қоспаның толық араласуын қамтамасыз ететін белгіленген технологиялық параметрлерде (температура, ауа ағыны) зертханалық сериялық қондырғыда жүргізілген. Орнату шикізатты берілген температураға дейін қыздырғаннан кейін басталады, бұл ретте тотығудың басталуы ауа берілген сәттен және ауа беруді өшірген кезде процестің аяқталуы тіркеледі [16].

Битумдардың қасиеттерін гудрондардың тотығуы арқылы зерттеу

Битумдарды келесі үш жолмен алуға болады [17]:

1) мұнай қалдықтарын вакууммен айдау арқылы су буының немесе инертті газдың болуы;

2) әртүрлі мұнай қалдықтарының оттегімен тотығу процесі арқылы ауа температурасы 180°C-ден 300°C-қа дейін;

3) көптеген елдерде тотыққан мұнай қалдықтарын қалдық битумдармен, сондай-ақ дистилляттармен және т.б. алудың негізгі технологиялық процесі тауарлық битумдар-ауаның оттегімен тотығуы.

Жүргізілген қарқынды зерттеулердің бірнеше жылдарында битумның тотығу химиясы мен кинетикасының бірыңғай теориясы жасалмады, оны келесідей жағдайлар арқылы түсіндіруге болады:

- шикізаттың химиялық құрамының әртүрлілігі және өзгергіштігі;
- жекелеген зауыттарда процесті жүргізу жағдайларының алуан түрлілігі (температураның айырмашылығы, ауа шығыны және оның дисперсия дәрежесі, қысым, реакция аймағында битумның болу ұзақтығы;
- битум массасы ауаның таралу принципі бойынша да, көлемі бойынша да тотығу аппаратурасының кең ассортименти.

Осы себепті жеке зерттеушілердің тұжырымдарындағы көптеген қайшылықтар [6, 17 және т.б.] әсіресе процестің оңтайлы технологиялық режимі бойынша [6] жасалынған. Қарама-қайшылықтардың пайда болуы көбінесе жекелеген зерттеушілердің белгілі бір шикізатқа жасалған қорытындыларды таратуға деген ұмтылысына және белгілі бір шарттарға [6] негізделген болып тұр. Бастапқы шикізатта асфальт-шайырлы заттар аз болған кезде, битумдарды өндіру үшін ауамен тотықтыру қолданылады. Әртүрлі температурада тотығу кезінде шикізаттың топтық химиялық құрамында өзгеріс болады. Жол, құрылыс және арнайы битумдарды өндіру үшін мұнай қалдықтарының тотығу процесі ерекше маңызды практикалық мәнге ие, өйткені қазіргі уақытта битумдарды алу үшін бұл процесті пайдаланады.

Каталитикалық емес тотығу процесінің параметрлері, мұнай қалдықтары: температура 230°C-300°C, ауа шығыны 1 т битумға 0,84-1,4 м³/мин, ұзақтығы – 12 сағатқа дейін. Ауа тотығу бағанына 67кПа қысыммен беріледі. Шикізатқа және шикізаттағы жеңіл компоненттердің құрамына, сондай-ақ тотығу тереңдігіне байланысты айдау және ысырап ету саны массаның 0,5-1,0% дейін болады. Тотығу процесінде жүйеден шығарылатын су мен көмірқышқыл газы булары түзіледі. Маңызды параметр таңдап алынған температура, тотығудың мөлшері мен сапасына әсер ететін тотығатын битум, үдерістің температурасын таңдау кезінде экзотермияны ескеру қажет үдеріс [17]. Тотығу әдісімен ауыр мұнай қалдықтарынан битумдарды алу гетерогенді үдеріс болып табылады, мұнда газ фазасы – ауа, ауа мен оттегі немесе озон, ал сұйық – мұнай қалдығы. Тотығу процесінде реакциялардың төрт түрі жүреді:

- су түзілуі үшін молекулалық салмақтың шамалы өзгеруі;
- дистиллят, көмірқышқыл газы және су түзілуі үшін молекулалық массаның азаюы;
- көмірқышқыл газын, суды және асфальтендерді түзу үшін молекулалық массаның ұлғаюы;

– концентрация (дистиллят пен су айдынының түзілуі асфальтенді шоғырландыру). Су буы ауадағы оттегінің шикізатта кездесетін сутегімен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады.

Сутектің жоғалуы асфальтендердің пайда болуымен, хош иісті жоғары молекулалық өнімдер, тығыздалу процестерімен бірге жүреді. Тотығу кезінде битумның консистенциясы өзгереді. Негізінен судың түзілуіне ауа-оттегі жұмсалады, көмірқышқылының түзілуіне жалпы массаның 10-20% және аз ғана бөлігі – құрамында оттегі бар органикалық заттардың түзілуіне жұмсалады [17].

Ауыр мұнай қалдықтарының тотығу процесі екі кезеңде жүреді. Бірінші кезеңде ауаның оттегімен әрекеттесу кезінде дегидрлену реакциялары басым болады. Екінші кезеңде алынған дегидрленген тығыздау молекулалардың реакциялары басым болып, жоғары молекулалық қосылыстарды түзеді.

Тотығу үдерісінің технологиялық шарттары құрамға және дайын битумның пайдалану қасиеттеріне негізделеді. Гудронның тотығу процесіне әсер ететін негізгі факторларға мыналар жатады:

- шикізаттың (мұнайдың) табиғаты;
- гудронның бастапқы жұмсару температурасы;
- гудронның топтық көмірсутекті құрамы;
- тотығу процесінің температурасы;
- реакция аймағындағы қысым;
- тотығу бағанындағы сұйық фазаның деңгейі;
- ауа ағыны және сәйкесінше тотығу процесінің ұзақтығы;
- сығылған ауаны жылыту және т.б.

Ауыр мұнай қалдықтарының тотығу процесін жеделдету және тотықтырғыштарды, катализаторларды және инициаторларды пайдалана отырып, тотыққан битумға белгілі бір қасиеттерді беру үшін әртүрлі әрекеттер жасауға болады. [18-21]. Тотығу-тотықсыздану реакцияларындағы өршіткі ретінде хлоридтерді (тұз қышқылының тұздарын) және ауыспалы валентті металдарды (темір, мыс, қалайы, титан және т.б.) пайдалану ұсынылады. Алкилдену, сусыздандыру, крекинг (протон тасымалдаушы) өршіткісі ретінде алюминий, темір, қалайы хлоридтері, фосфор (V) оксиді және т.б., тотығу инициаторлары ретінде пероксидтер және т.б.

Кейбір өршіткілер ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CuO , MoO_3 , P_2S_5 , CuCl_2) тотығу ұзақтығын едәуір қысқартады, ал басқалары (P_2O_5 , P_4S_3 , P_4S_7 және т.б.) битум қасиеттеріне әсер етеді [22, 23]. Темір (III) хлоридінің қатысуымен тотыққанда судың шығымы артады және ұшқыш заттардың шығымы төмендейді, мақсатты өнімнің шығымы 3-5% көбейеді. Темір хлоридінің 1% астам қосылуы экономикалық тұрғыдан мүмкін емес; Сонымен қатар, суда еритін қосылыстардың мөлшері айтарлықтай артады (қалыптыдан жоғары). Темір хлоридінің каталитикалық әсерін зерттеу нәтижелері келесіні көрсетті [19, 24]:

– темір хлориді шайырдың мұнай компоненттерінің жалпы өзгеруін тежейді және шайырлардың өзгеруін тездетеді;

– тотығудың кез келген тереңдігінде кез келген мұнай топтарының аймағында термиялық тотықтырғыш крекинг, нығыздалу және конденсация реакциялары шайырлы топтардың кез келген аймағында баяулайды және күшейеді;

– тотығудың кез келген тереңдігінде темір хлориді барлық кейінгі топтардың молекулаларының көшуіне әкеледі, яғни, аз нығыздалған тотығу өнімдерінің қарқынды түзілуіне;

– шикізаттың ең реакцияға қабілетті компоненті және каталитикалық тотығу тереңдігінің өзгеруіне ең сезімталы «бензол» шайырлары; «спирт-бензол» шайырлары жеткілікті реакцияға қабілетті болғандықтан, темір хлоридінің әсеріне азырақ сезімтал;

– темір хлориді болған кезде қысқа алкил алмастырғыштары бар шикізаттың хош иісті компоненттерінің тотығу өнімдері және сақиналардың саны азырақ түзіледі.

Темір (III) хлоридінің қатысуымен тотыққан битумның ыстыққа және аязға төзімділігі жоғары және пластикалық диапазоны кең болады.

Темір (III) хлоридін қосу арқылы тотығу нәтижесінде алынған битум, әсіресе ұзақ уақыт бойы (жұмсару температурасы 70-90°C дейін) тұрақты өнімдер болып табылады, өйткені осы уақытқа дейін белсенді темір қосылыстарының негізгі бөлігі тұрақты және химиялық инертті кешенге айналады. Сонымен қатар, мұндай битумдарда көп мөлшерде май

құрамдас бөлігінің болуына байланысты олар кәдімгі тотығу битумдарымен салыстырғанда иненің енуі жоғары және сынғыштық температурасы төмен болады.

Битумды тотықтыру өршіткісі ретінде өнеркәсіптік қолдануды тапқан заттардың тағы бір тобы фосфор (V) оксиді, фосфор қышқылы және оның тұздары, сондай-ақ күкірт пен галогені бар фосфор қосылыстары болып табылады. Бұл қоспалар ауа-райына төзімділігі жоғары және морттылық температурасы төмен битумдарды алуға мүмкіндік береді [25].

Қазіргі уақытта зерттеушілер мұнай қалдықтарын тотықтыру арқылы жол битумдарын алу процестеріне көп көңіл бөліп отыр. Осы орайда ауыр мұнай қалдықтарын тотықтыру технологиясын жетілдірудің перспективалы жолы озондау болып табылады. Озондау процесін тек шикі ауыр мұнайға ғана емес, сондай-ақ мұнай өңдеудің қалдық өнімдеріне де (мазут, гудрон, вакуумдық мұнай қалдықтары) қолдануға болады.

Алдын ала озондау кезінде пайда болатын көп ядролы битум хош иісті қосылыстарының сақинасының ашылуы, содан кейін крекинг нәтижесінде молекулалық массасы төмен және сұйықтығы жақсарған өнімдер пайда болады деп болжанған [23, 24]. Жұмыста [25] мұнайдан бөлінген асфальттарды озонмен алдын-ала өңдеу олардың жоғары конверсиясына ықпал ететіндігі көрсетілген. Озондаудан кейін хош иісті қосылыстардың және олардың орташа молекулалық салмағының төмендеуі радиациямен [26] немесе ауыр мұнайдың термиялық крекингімен [27, 28] бірге анықталды. Озон шикізаттың гетероорганикалық қосылыстарымен белсенді әрекеттесетіні белгілі, бұл жұмыста көрінеді [29, 30]. Озонмен алдын-ала өңдеу шикізаттан күкіртті кетіруге көмектесетіні көрсетілген. Өртүрлі жағдайларда озонмен алдын ала өңделген табиғи битумдардың крекингі зерттелді. Табиғи битумдарды алдын-ала өңдеу шикізаттың жоғары молекулалық компоненттерін жою процесін күшейтуге мүмкіндік берді, олардың құрамы 8-15%-на азайды. Алынған сұйық крекинг өнімдерінде мас 70-тен 80%-ға дейінгі майлар басым. Шикізаттың жоғары молекулалық компоненттерін термиялық түрлендірудің формальды моделі негізінде битумдардың термолиз реакцияларының жылдамдық константалары (k) есептеліп, битумдардың озон-оттегі қоспасын алдын-ала өңдеудің крекинг реакцияларына әсері анықталды.

Келесі бір жұмысты [29] орындау барысында мұнай өнімдерін озондау кезінде компоненттердің құрылымдық фрагменттерін түрлендірудің негізгі ерекшеліктері мен заңдылықтары анықталған, олар келесідей:

- мұнай өнімдерін озонolitikалық өңдеу шикі жеңіл мұнайлар мен орташа температуралы мұнай фракциялары үшін тиімдірек;
- озонмен реакцияларға полициклді арендер, қанықпаған қосылыстар, циклоалкил көмірсутегі қаңқасы бар жаңа қосылыстар мен моноциклді арендер түзетін хош иісті құрылымдардың алкил алмастырғыштары бар қосылыстар жақсы түсетіні анықталған;
- мұнай өнімдерін озондау олардың құрамында өртүрлі функционалды оттекті қосылыстардың пайда болуына ықпал етеді: көмірді флотациялық байыту технологиясы үшін гетерополярлы реагенттерді алу үшін пайдалы болуы мүмкін альдегидтер, қышқылдар, сызықтық және циклдік эфирлер.

Табиғи битумды озонды оттекті қоспамен барботажды типті реакторда әрекеттесуінің параметрлері зерттелген [30]. Зерттеу жұмысының авторлары Мұнайлы Мола кен орнының битумын озондау процесінің оптималды жағдайларын анықтап, алынған өнімнің талдауы жасалған. Зерттеу нәтижелері битумды озонмен өңдеп, соңынан крекингтеу кокс түзілу процесін айтарлықтай төмендететінін және 97%-дан жоғары крекингтің сұйық өнімдерін алуға болатынын көрсеткен. Табиғи битумды озондау арқылы шайырлы асфальтенді заттарды мөлшерін көтеру арқылы жол битумдарын алу мүмкіндігі көрсетілген.

Өртүрлі жағдайда алдын ала озонмен өңделген табиғи битумдарды крекингілеу процесі зерттелген [31]. Табиғи битумдарды алдын ала өңдеу шикізаттың ішіндегі жоғарымолекулалық компоненттердің деструкциясы процесінің тиімділігін арттырды және олардың бұл процестен кейінгі үлесі 8-15% дейін азайған.

Алдын ала озондау кезінде орын алатын битум құрамындағы көп ядролы ароматты қосылыстарының сақиналарының ашылуы одан кейінгі крекинг процесі кезінде молекулалық салмағы төмен және жақсартылған өнімдерді алуға болатынын болжауға болады [32, 33]. Келесі жұмыста [34] мұнайдан бөлініп алынған асфальтендерді алдын ала озонмен өңдеу олардың жоғары конверсиясына ықпал ететіні көрсетілген. Сондай-ақ, радиациямен [35] немесе ауыр мұнайдың термиялық крекингімен біріктірілген озондау [36, 37] процесінен кейін ароматты көмірсутектер мен олардың молекулалық массасының төмендейтіні анықталған.

Озон өз кезегінде гетероциклді қосылыстармен белсенді әрекеттесетіні белгілі, озонмен алдын-ала өңдеу көрсетілген шикізаттан күкіртті бөліп алуды жеңілдететіні көрсетілген [38]. Алайда, крекинг реакцияларының бағытын өзгерту озонмен алдын-ала өңделген ауыр мұнай нысандары жеткіліксіз зерттелген. [39] жұмыста озонды алдын ала өңдеу кезінде табиғи битумдардың оттегі қоспасы, содан кейін крекинг процесінде жүретін реакциялар, сондай-ақ олардың жылдамдығы зерттелген. Зерттеу барысында озонмен алдын ала өңдеу термокрекингпен салыстырғанда 360°C дейін қайнайтын фракциялардың қосымша мөлшерін қалыптастыру үшін бастапқы битумдардың шайырлы компоненттерінің ыдырау тереңдігін арттыруға ықпал ететіні анықталды. Озонмен алдын-ала өңдеу, содан кейін битум крекингі көрсетілген шайырлардың және асфальтендердің ароматты ядроларының жойылуын тездететіні көрсетілген.

Жол құрылысына пайдаланылатын битумның өзіндік құнын төмендету үшін арзан шикізат пен битум өндірісіне қатысуға болатын мұнай қалдықтарының қажеттілігі туындайды. Сонымен қатар, мұнай қалдықтарын тотыққан битумдарды өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану практикалық маңыздылығымен және қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан маңызды болып табылады. Битум алу үшін пайдаланылған мұнай шламдарының принциптік мүмкіндіктерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Мұнай шламдарының 3 сынамасы алынды. Барлық сынамалардың құрамында силикогельді шайырлардың (21,4-26,6%), күкірт (1,88-2,44%), асфальтендер (6,3-8,5%) және парафиндер (10,3-15,8%), сонымен қатар барлық үлгілердегі парафиндер балқығыштығы жоғары (балқу температурасы 58,1-59,5°C). Жол битумдарын өндіруде шикізаттар құрамында күкірт, асфальтендер, шайырлардың едәуір мөлшерінің болуы мұнай шламдарының сұранысын арттырады [40].

Ароматты көмірсутектердің тотығу концентрациясының 34,1%-дан 20,4%-ға дейін төмендеуі жылдамдық константасының $2,13 \cdot 10^{-5} \text{с}^{-1}$ болуымен сипатталады. Сол себепті, ароматты көмірсутектер тотығу жылдамдығына әжептәуір әсер етеді. Парафин-нафтенді қосылыстар өте қиын тотығады. Тотығу үдерісінің негізгі соңғы өнімі бензол-спиртті шайырлар, асфальтендер, сонымен қатар жоғары көміртекті өнімдер – карбендер және карбоидтер [40].

Озон – белсенді химиялық реагент, іс жүзінде кез-келген органикалық қосылыстармен әрекеттесуге бейім, бірақ қазіргі уақытқа дейін заманауи көптонналы химияда лайықты орны болмаған. Жаңа зерттеулер мұнай шикізаттарын қайта өңдеу және озонлиз өнімдері тотығу үдерістеріндегі көптеген мүмкіндіктерді пайдалануды көрсетті. Негізгі себеп, бастапқы заттар және олардың өнімге айналуы аз зерттелгендігі және күрделілігі, каустобиолиттерді (мұнай, табиғи битум, көмір және т.б.) қайта өңдеу және зерттеу үдерісін озонлизді кеңінен қолдануды тежеу. Гетероорганикалық қосылыстардың (сульфидтермен қаныққан пиррол, фуран және тиофеннің арен туындылары, полициклді ароматты көмірсутектері [41] озонмен өте тез жүретін электрофильді реакциясы нәтижесінде қасиеттері бойынша едәуір айырмашылығы болатын реагенттерден оттекті органикалық өнімдер түзіледі. Сөйтіп, полифункционалды карбон қышқылдары және оның тұздары, мұнай шайырлы, асфальтендер немесе олардың табиғи ерітінділерінің (яғни шикі мұнайдың өзі) бастапқы озондау өнімдерінің термо- немесе гидролитикалық бұзылуынан пайда болған жоғары фазалық белсенділікке ие [41].

Жоғарыдағы әдеби мәліметтерге сүйенсек, битум өндірісінде тотықтырғыш ретінде озонды пайдалану арқылы асфальтбетонды жабындарға арналған жоғары сапалы битумды дайындауға болады. Осылайша, біз ауыр мұнай қалдықтарынан алынған жол битумдарының сапасын озондау процесін қолдану арқылы арттырып, осы процестің оптималды жүруіне әсер ететін параметрлерді зерттеу жұмысын ұсынудамыз.

Қорытынды

Қазақстан Республикасының көмірсутекті шикізаты негізінде ауыр мұнай қалдықтарынан битум өндірісінде катализаторлар мен модификаторларды қолдану осы материалдарға өздерінің қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін отандық зауыттар үшін де қолайлы болуы керек. Мұнайдың қалдықтарын битум алуға қолдану қалдықтарды тиімді залалсыздандыруға мүмкіндік береді. Әдебиеттер мен әртүрлі деректерден байқағанымыздай модификаторлар мен катализаторлар гудрондардың тотығу процесін жылдамдатуға және жоғары сапалы битумдарды алуға мүмкіндік береді.

Бұл мақала ауыр мұнай қалдықтарын озондаудың түрлі әдістеріне әдеби шолуды қамтиды. Алдын ала озонмен өңдеу келесі крекингілеу процесіне, сондай ақ, битумның физика

химиялық қасиеттеріне қаншалықты әсер ететіні көрсетілген. Осы процесті қолдану арқылы Қазақстан мұнай өндірісіндегі ауыр мұнай қалдықтарын озондау арқылы сапалы жол битумдарын алу жұмысын ұсынып отырмыз.

Әдебиеттер тізімі

1. ОМТ – Консалт – Рынок нефтяных битумов: состояние и тенденции [Электронный ресурс] URL: http://www.omtconsult.ru/analitika_i_kommentarii/rynok_neftyanyh_bitumov_sostoyaniye_tendencii/ (дата обращения 10.04.2020).
2. Анализ: Рынок нефтяных дорожных битумов. Текущая ситуация и прогноз 2019-2023 [Электронный ресурс] URL: <https://altogroup.ru/otchet/marketing/789-rynok-neftyanykh-dorozhnykh-bitumov-tekushhayasituaciya-i-prognoz-2017-2021-gg.html> (дата обращения 10.04.2020).
3. Cardone F. Influence of mineral fillers on the rheological response of polymermodified bitumens and mastics / F. Cardone, F. Frigio, G. Ferrotti и др. // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). – 2015. – Vol. 2, № 6. – P. 373-381.
4. В 2019 г. в России растет производство и потребление битумов [Электронный ресурс] URL: <http://www.himagregat-info.ru/news/strategii-igosregulirovanie/v-2018-g-v-rossii-rastet-i-proizvodstvo-i-potreblenie-bitumov/>. (дата обращения 10.04.2020).
5. Хойберг А. Дж. Битумные материалы / А. Дж. Хойберг. – М.: Химия, 2009. – 241 с.
6. Розенталь Д.А. Нефтяные окисленные битумы / Д.А. Розенталь. – Ленинград: ЛОТКЗ ТИ, 1981. – 84 с.
7. Грудников И.Б. Теория и практика битумного дела / И.Б. Грудников // Нефтегазовое дело, 2013. – 420 с.
8. Katarzyna B. Effect of origin and technology on the chemical composition and colloidal stability of bitumens / B. Katarzyna, I. Gawel // Fuel Processing Technology. – № 85. – 2004. – P. 1453-1462.
9. Amirbayev Y. Characterization of asphalt bitumens and asphalt concretes modified with carbon powder / Y. Amirbayev, A. Yelshibayev, A. Nugmanova // Case Studies in Construction Materials. – 2022. – Vol. 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01554>.
10. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимералсфальтобетон: метод. Пособие для слушателей ГОУ ДПО ГАСИС / сост.: Л.М. Гохман. – М., Изд-во ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. – 94 с.
11. Cha Z. Ozonation of Canadian Athabasca asphaltene. Ph.D. thesis, University of Utah, Salt Lake City, UT. – 2009.
12. Vasilievici G. The influence of catalysts addition on blown bitumens characteristics / G. Vasilievici et al // Rev. Chim (Bucharest). 2011. – V. 62. – № 6. – P. 672-675.
13. Гун Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун. – М.: Химия, 1989. – 148 с.
14. Грудников И.Б. (1983) Производство нефтяных битумов. – М: Химия. – 192 с.
15. Гатауллина Р.Т. Сравнительные характеристики инновационных покрытий в России и зарубежных странах / Р.Т. Гатауллина, Е.С. Рахматуллина // Инновационная наука. 2017. – № 02-1. – С. 179-182.
16. Hendessi S. Ozonation of Oilsands Bitumen / S. Hendessi, A. de Klerk // Energy Fuels. – 2016. – Vol. 30. – P. 8941-8951.
17. Зимелис Е.В. Проблемы внедрения инноваций в дорожной отрасли / Е.В. Зимелис // Управление инновациями: теория, методология, практика. – Новосибирск: ЦРНС, 2012. – 148 с.
18. Preparation of Polymer Bitumen Binder in the Presence of a Stabilizer / Y. Imanbayev et al // Processes. – 2021. – № 9(1). – P. 182.
19. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, Е.В. Михайлов. – М., Транспорт, 264 с.
20. Кашьянов В.Ф. Озонолиз нефтяного сырья / В.Ф. Кашьянов, А.К. Лебедев, П.П. Сивиряков. – Томск: МГП «Раско», 1997. – 271 с.
21. Quddus M.A. Catalytic oxidation of asphalt / M.A. Quddus // Thesis submitted for the fulfillment of the degree of PhD. – Karachi, 1992. – 244 p.
22. Transformations of the components of heavy petroleum feedstock by ozone. Chem / N.M. Likhterova et al // Technol. Fuels Oils. – 2004. – Vol. 40. – P. 248-255.
23. Chemical activation of diesel fractions with ozone for the hydrotreatment process / N.M. Likhterova et al // Petroleum chemistry. – 2005. – Vol. 45(1). – P. 1-10.

24. Озонирование природного битума месторождения Мунайлы Мола / Е.К. Онгарбаев и др. // Горение и плазмохимия. – 2015. – том 13, № 4. – С. 294-302.
25. Thermocatalytic cracking of the natural bitumens of Kazakhstan / Y.K. Ongarbayev et al // Solid Fuel Chemistry. – 2016. – Vol. 50(2). – P. 81-87.
26. Петрова Т.М. Проблемы и перспективы строительства бетонных автодорожных покрытий и Российской Федерации / Т.М. Петрова, Ю.А. Сорвачева // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – М.: Библиогр. – С. 155.
27. Patent 0292297 US. Hong P.K.A., Cha Z. Ozonation conversion of heavy hydrocarbons for resource recovery. Publ. Date. 7.11. 2013.
28. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение / И.А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 2004. – 701 с.
29. Розенталь Д.А. Методы определения и расчета структурных параметров фракций тяжелых нефтяных остатков / Д.А. Розенталь. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1981. – 84 с.
30. Read J. The Shell Bitumen Handbook / J. Read. – Fifth Edition. Shell Bitumen, 2003. – 460 p.
31. Application of polyphosphoric for HMA modification. US and European experience / O. Shulga et al // 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress. – Istanbul, 2012. – P. 140.
32. Свириденко Н.Н. Влияние предварительной обработки озоном природных битумов на скорость протекающих реакций крекинга / Н.Н. Свириденко, А.К. Головкин // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2020. – № 13(1). – С. 78-88.
33. Свириденко Н.Н. Иницированный крекинг природного битума для увеличения выхода дистиллятных фракций / Н.Н. Свириденко, Е.Б. Кривцов, А.К. Головкин // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323(3). – С. 37.
34. Выбор сырья для получения битумных материалов на основе местных ресурсов / Г. Сагитова и др. // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2023. – № (4). – С. 19-30. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.189>.
35. Шеховцова С.Ю. Эффективный асфальтобетон на основе наномодифицированного полимерно-битумного вяжущего: дис...канд. тех. наук: 05.23.05 / Шеховцова Светлана Юрьевна; Моск. гос. строит. ун-т. – Белгород, 2016. – 192 с.
36. Ядыкина В.В. Перспективы применения нанотрубок для повышения качества битума и асфальтобетона / В.В. Ядыкина // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): Междунар. Научно-практич. Конф.: сб. докл. / Белгородский гос. технологич. ун-т. – Белгород. – 2012. – Ч.4. – С. 306-309.
37. Zaykin Y.A. Stimulation of radiation-thermal cracking of oil products by reactive ozone-containing mixtures / Y.A. Zaykin, R.F. Zaykina // Radiation Physics and Chemistry. – 2004. – Vol. 71. – P. 475-478.
38. Влияние группового углеводородного состава гудронов на физико-химические свойства битумов / С.В. Котов и др. // Нефтехимия. – 2009. – № 3, том 49. – С. 243-246.
39. Производство окисленных битумов / А.Ф. Кемалов и др. – Изд-во Казанского технологического университета, 2009. – 117 с.

References

1. OMT – Konsalt – Rynok neftyanykh bitumov: sostoyanie i tendentsii [Elektronnyi resurs] URL: http://www.omtconsult.ru/analitika_i_kommentarii/rynok_neftyanyh_bitumov_sostoyani_ei_tendencii/ (data obrashcheniya 10.04.2020). (In Russian).
2. Analiz: Rynok neftyanykh dorozhnykh bitumov. Tekushchaya situatsiya i prognoz 2019-2023 [Elektronnyi resurs] URL: <https://altogroup.ru/otchet/marketing/789-rynok-neftyanyx-dorozhnyx-bitumov-tekushchayasituaciya-i-prognoz-2017-2021-gg.html> (data obrashcheniya 10.04.2020). (In Russian).
3. Cardone F. Influence of mineral fillers on the rheological response of polymermodified bitumens and mastics / F. Cardone, F. Frigio, G. Ferrotti i dr. // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). – 2015. – Vol. 2, № 6. – P. 373-381. (In English).
4. V 2019 g. v Rossii rastet proizvodstvo i potreblenie bitumov [Elektronnyi resurs] URL: <http://www.himagregat-info.ru/news/strategii-igosregulirovanie/v-2018-g-v-rossii-rastet-i-proizvodstvo-i-potreblenie-bitumov/>. (data obrashcheniya 10.04.2020). (In Russian).
5. Khoiberg A. Dzh. Bitumnye materialy / A. Dzh. Khoiberg. – М.: Khimiya, 2009. – 241 s. (In Russian).

6. Rozental' D.A. Neftyanye okislennye bitumy / D.A. Rozental'. – Leningrad: LOTKZ TI, 1981. – 84 s. (In Russian).
7. Grudnikov I.B. Teoriya i praktika bitumnogo dela / I.B. Grudnikov // Neftegazovoe delo, 2013. – 420 s. (In Russian).
8. Katarzyna B. Effect of origin and technology on the chemical composition and colloidal stability of bitumens / B. Katarzyna, I. Gawel // Fuel Processing Technology. – № 85. – 2004. – P. 1453-1462. (In English).
9. Amirbayev Y. Characterization of asphalt bitumens and asphalt concretes modified with carbon powder / Y. Amirbayev, A. Yelshibayev, A. Nugmanova // Case Studies in Construction Materials. – 2022. – Vol. 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01554>. (In English).
10. Bitumy, polimerno-bitumnye vyazhushchie, asfal'tobeton, polimeralsfal'tobeton: metod. Posobie dlya slushatelei GOU DPO GASIS / sost.: L.M. Gokhman. – M., Izd-vo GOU DPO GASIS, 2008. – 94 s. (In Russian).
11. Cha Z. Ozonation of Canadian Athabasca asphaltene. Ph.D. thesis, University of Utah, Salt Lake City, UT. – 2009. (In English).
12. Vasilievici G. The influence of catalysts addition on blown bitumens characteristics / G. Vasilievici et al // Rev. Chim (Bucharest). 2011. – V. 62. – № 6. – P. 672-675. (In English).
13. Gun R.B. Neftyanye bitumy / R.B. Gun. – M.: Khimiya, 1989. – 148 s. (In Russian).
14. Grudnikov I.B. (1983) Proizvodstvo neftyanykh bitumov. – M: Khimiya. – 192 s. (In Russian).
15. Gataullina R.T. Sravnitel'nye kharakteristiki innovatsionnykh pokrytii v Rossii i zarubezhnykh stranakh / R.T. Gataullina, E.S. Rakhmatullina // Innovatsionnaya nauka. – 2017. – № 02-1. – S. 179-182. (In Russian).
16. Hendessi S. Ozonation of Oilsands Bitumen / S. Hendessi, A. de Klerk // Energy Fuels. – 2016. – Vol. 30. – P. 8941-8951. (In English).
17. Zimelis E.V. Problemy vnedreniya innovatsii v dorozhnoi otrasli / E.V. Zimelis // Upravlenie innovatsiyami: teoriya, metodologiya, praktika. – Novosibirsk: TSRNS, 2012. – 148 s. (In Russian).
18. Preparation of Polymer Bitumen Binder in the Presence of a Stabilizer / Y. Imanbayev et al // Processes. – 2021. – № 9(1). – P. 182. (In English).
19. Kolbanovskaya A.S. Dorozhnye bitumy / A.S. Kolbanovskaya, E.V. Mikhailov. – M., Transport, – 264 s. (In Russian).
20. Kash'yanov V.F. Ozonoliz neftyanogo syr'ya / V.F. Kash'yanov, A.K. Lebedev, P.P. Civilov. – Tomsk: MGP «Rasko», 1997. – 271 s. (In Russian).
21. Quddus M.A. Catalytic oxidation of asphalt / M.A. Quddus // Thesis submitted for the fulfillment of the degree of PhD. – Karachi, 1992. – 244 p. (In English).
22. Transformations of the components of heavy petroleum feedstock by ozone. Chem / N.M. Likhterova et al // Technol. Fuels Oils. – 2004. – Vol. 40. – P. 248-255. (In English).
23. Chemical activation of diesel fractions with ozone for the hydrotreatment process / N.M. Likhterova et al // Petroleum chemistry. – 2005. – Vol. 45(1). – P. 1-10. (In English).
24. Ozonirovanie prirodnogo bituma mestorozhdeniya Munaily Mola / E.K. Ongarbaev i dr. // Gorenje i plazmokhimiya. – 2015. – tom 13, № 4. – S. 294-302. (In Russian).
25. Thermocatalytic cracking of the natural bitumens of Kazakhstan / Y.K. Ongarbayev et al // Solid Fuel Chemistry. – 2016. – Vol. 50(2). – P. 81-87. (In English).
26. Petrova T.M. Problemy i perspektivy stroitel'stva betonnykh avtodorozhnykh pokrytii i Rossiiskoi Federatsii / T.M. Petrova, YU.A. Sorvacheva // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – M.: Bibliogr, 2016. – C. 155. (In Russian).
27. Patent 0292297 US. Hong P.K.A., Cha Z. Ozonation conversion of heavy hydrocarbons for resource recovery. Publ. Date. 7.11. 2013. (In English).
28. Ryb'ev I.A. Stroitel'noe materialovedenie / I.A. Ryb'ev. – M.: Vysshaya shkola, 2004. – 701 s. (In Russian).
29. Rozental' D.A. Metody opredeleniya i rascheta strukturnykh parametrov fraktsii tyazhelykh neftyanykh ostatkov / D.A. Rozental'. – L.: LTI im. Lensoвета, 1981. – 84 s. (In Russian).
30. Read J. The Shell Bitumen Handbook / J. Read. – Fifth Edition. Shell Bitumen, 2003. – 460 p. (In English).
31. Application of polyphosphoric for HMA modification. US and European experience / O. Shulga et al // 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress. – Istanbul, 2012. – R. 140. (In English).

32. Sviridenko N.N. Vliyanie predvaritel'noi obrabotki ozonom prirodnykh bitumov na skorost' protekayushchikh reaktsii krekinga / N.N. Sviridenko, A.K. Golovko // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2020. – № 13(1). – С. 78-88. (In Russian).
33. Sviridenko N.N. Initsiirovannyi kreking prirodnogo bituma dlya uvelicheniya vykhoda distillyatnykh fraktsii / N.N. Sviridenko, E.B. Krivtsov, A.K. Golovko // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2013. – Т. 323(3). – С. 37. (In Russian).
34. Vybor syr'ya dlya polucheniya bitumnykh materialov na osnove mestnykh resursov / G. Sagitova i dr. // Izvestiya NAN RK. Seriya khimii i tekhnologii. – 2023. – № (4). – С. 19-30. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.189>. (In Russian).
35. Shekhovtsova S.YU. Ehffektivnyi asfal'tobeton na osnove nanomodifitsirovannogo polimerno-bitumnogo vyazhushchego: diS...kand. tekhn. nauk: 05.23.05 / Shekhovtseva Svetlana Yur'evna; Mosk. gos. stroit. un-t. – Belgorod, 2016. – 192 s. (In Russian).
36. Yadykina V.V. Perspektivy primeneniya nanouglerodnykh trubok dlya povysheniya kachestva bituma i asfal'tobetona / V.V. Yadykina // Innovatsionnye materialy i tekhnologii (KHKH nauchnye chteniya): Mezhdunar. Nauchno-praktich. Konf.: sb. dokl. / Belgorodskii gos. tekhnologich. un-t. – Belgorod. – 2012. – CH.4. – С. 306-309. (In Russian).
37. Zaykin Y.A. Stimulation of radiation-thermal cracking of oil products by reactive ozone-containing mixtures / Y.A. Zaykin, R.F. Zaykina // Radiation Physics and Chemistry. – 2004. – Vol. 71. – P. 475-478. (In English).
38. Vliyanie gruppovogo uglevodorodnogo sostava gudronov na fiziko-khimicheskie svoystva bitumov / S.V. Kotov i dr. // Neftekhimiya. – 2009. – № 3, tom 49. – С. 243-246. (In Russian).
39. Proizvodstvo okislennykh bitumov / A.F. Kemalov i dr. – Izd-vo Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2009. – 117 s. (In Russian).

Қаржыландыру

Бұл жұмыс BR21882255 «Битум өндірісін кеңейту үшін ауыр мұнайлар, мұнайдың ауыр қалдықтары, мұнайбитумды жыныстарды өңдеу, гудронды түрлендіргіштер қосып тотықтырудың жаңа тәсілдерін әзірлеу» жобасы аясында орындалды.

Н.Н. Несипбаева^{1*}, Е.А. Акказин¹, Е.К. Онгарбаев²

Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
50010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Достык, 13

²Институт проблем горения,

50012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра 172

*e-mail: nuripanesipbaeva54@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ

Нефть и продукты нефтепереработки широко используются в качестве сырья и реагентов в различных отраслях промышленности – энергетике, производстве автомобильных масел, химических, лакокрасочных продуктах, процессах флотационного обогащения угля и др. Кроме того, нефтяные битумы используются в производстве строительных материалов, строительстве автомобильных дорог, ремонтировании аэродромов. Нефтепродукты, в том числе битумные, состоят из органических соединений различной структуры и состава, в том числе парафиново-нафтеновых, алкилообменных, моно и бициклических ароматических углеводородов, ненасыщенных и гетероатомных соединений. Экономия материалов для современного дорожного строительства и улучшение их качества становится одной из главных проблем современных производственных технологий. В целях переработки нефтяных отходов, снижения воздействия тяжелых нефтяных отходов на окружающую среду их необходимо использовать в качестве вторичных минеральных сырьевых ресурсов. Кроме того, вопрос качественных покрытий для укладки автомобильных дорог уже давно является актуальным в различных регионах Казахстана. В статье рассматриваются проблемы озонирования нефти и предложена оценка влияния продуктов на химический состав. С этой целью был проведен аналитический обзор научно-исследовательской работы ведущих исследователей страны и зарубежных стран.

Ключевые слова: гудрон, битум, асфальтобетон, озонирование, окисление.

N.N. Nessipbayeva^{1*}, E.A. Akkazin¹, E.K. Ongarbaev²

Kazakh National Pedagogical University named after Abai,
50010, Republic of Kazakhstan, Almaty, 13 Dostyk Avenue

IMPROVING THE QUALITY OF ROAD BITUMEN OBTAINED FROM HEAVY OIL WASTE

Oil and refined petroleum products are widely used as raw materials and reagents in various industries – energy, automotive oil production, chemical, paint and varnish products, coal flotation enrichment processes, etc. In addition, oil bitumen is used in the construction of building materials and highways, as well as in the repair of airfields. Petroleum products, including bitumen, consist of organic compounds of various structures and compositions, including paraffin-naphthenic, alkyl-exchange, mono and bicyclic aromatic hydrocarbons, unsaturated and heteroatomic compounds. Saving materials for modern road construction and improving their quality is becoming one of the main problems of modern production technologies. In order to process oil waste and reduce the impact of heavy oil waste on the environment, they must be used as secondary mineral raw materials. In addition, the issue of high-quality coatings for laying highways has long been relevant in various regions of Kazakhstan. The article discusses problems of oil ozonation and an assessment of the effect of products on the chemical composition is proposed. To this end, an analytical review of the research work of the leading researchers of the country and foreign countries was conducted.

Key words: tar, bitumen, asphalt concrete, ozonation, oxidation.

Авторлар туралы мәлімет:

Нурипа Нурлановна Несипбаева* – Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық Университетінің 1 курс докторанты, Алматы, Қазақстан; e-mail: nuripanesipbaeva54@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0328-2708>.

Ержан Асетович Акказин – химия ғылымдарының кандидаты, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық Университетінің аға оқытушысы, Алматы, Қазақстан; e-mail: erzhan_akkazin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4710-4045>.

Ердос Калимуллаұлы Онғарбаев – химия ғылымдарының докторы, профессор, Жану проблемалары институты РМК зертхана меңгерушісі, Алматы, Қазақстан; e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0418-9360>.

Информация об авторах:

Нурипа Нурлановна Несипбаева* – докторант курса КазНПУ им. Абая, Алматы, Казахстан; e-mail: nuripanesipbaeva54@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0328-2708>.

Ержан Асетович Акказин – кандидат химических наук, старший преподаватель КазНПУ им. Абая, Алматы, Казахстан; e-mail: erzhan_akkazin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4710-4045>.

Ердос Калимуллаұлы Онғарбаев – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией РГП «Институт проблем горения», Алматы, Казахстан; e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0418-9360>.

Information about authors:

Nuripa Nurlanovna Nessipbayeva* – 1 course PhD student of Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan; e-mail: nuripanesipbaeva54@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0328-2708>.

Erzhan Asetovich Akkazin – candidate of Chemical sciences, Senior Lecturer at Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan; e-mail: erzhan_akkazin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4710-4045>.

Erdos Kalimullauly Ongarbaev – doctor of Chemical sciences, Professor, Head of Laboratory, Institute of combustion problems, Almaty, Kazakhstan; e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0418-9360>.

Редакцияға енуі 28.10.2024
Өңдеуден кейін түсуі 06.12.2024
Жариялауға қабылданды 12.12.2024

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова*, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова,
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

²Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Дурмон Юули, 34

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОВРИКОВ

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность использования природного цеолита месторождения Чанканай в качестве наполнителя для резиновых смесей. Многочисленные исследования, посвященные изучению воздействий минеральных наполнителей на характеристики резины, свидетельствуют о перспективности и возможности развития данной области. При наполнении резин минеральными компонентами в стандартных условиях наблюдается ряд положительных эффектов. В частности, это приводит к снижению стоимости материала, улучшению его упруго-прочностных характеристик и оптимизации технологических свойств композиции. Эти изменения имеют важное значение для промышленности, где контроль за затратами и качеством материалов играет ключевую роль.

Актуальной задачей данной работы является замена дорогостоящих наполнителей на более доступные альтернативы, с целью сохранения всех требуемых характеристик резиновых смесей. Следовательно, новые ингредиенты должны обеспечивать такие же или улучшенные свойства, чтобы готовый продукт соответствовал стандартам и требованиям эксплуатации. Поддержание прочности, эластичности, стойкости к износу и других ключевых показателей становится главным приоритетом при поиске и внедрении заменителей, что позволяет сократить затраты без потери качества продукции. В рамках исследования объектами изучения являются цеолиты Чанканайского месторождения и резины, используемые для производства диэлектрических ковриков, которые должны обладать высокими электроизоляционными свойствами и механической прочностью.

Для анализа физико-химических свойств цеолитов проведены исследования с использованием ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Эти методы позволяют получить детальную информацию о структуре и составе порошков цеолитов, что является критически важным для оценки их потенциала в качестве наполнителей для резины.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что резиновая смесь, полученная с частичной заменой белой сажи на цеолит Чанканайского месторождения, демонстрирует удовлетворительные физико-механические показатели. Это открывает новые перспективы для применения природных цеолитов в резиновой промышленности, способствуя как снижению затрат, так и улучшению качества конечного продукта.

Таким образом, результаты работы подчеркивают важность дальнейших исследований в этой области, направленных на оптимизацию составов резиновых смесей с использованием доступных и экологически чистых материалов, таких как природные цеолиты.

Ключевые слова: наполнитель, цеолит, белая сажа, резиновая смесь, механическая прочность, минеральный компонент.

Введение

Придание полимерным материалам требуемых характеристик можно эффективно достичь посредством их наполнения. Как известно, что мелкодисперсные порошковые наполнители различного происхождения, играют ключевую роль в полимерной

промышленности. Их введение позволяет улучшать обработку полимеров и значительно повышает их физико-механические свойства, что способствует снижению затрат на производство. Также наполнители позволяют придавать материалам нужные оттенки. Все наполнители условно делят на активные (армирующие), способные повысить прочность резин, и инертные, не оказывающие влияния на их механические свойства [1-3].

В настоящее время актуально исследовать замену части традиционных ингредиентов резиновых смесей, таких как белая сажа, на более доступные и менее токсичные минеральные наполнители, например такие как цеолит [4].

В работах [5-8] анализируются месторождения, структура и состав цеолитов, а также множество их применений. Описываются современные высокоэффективные и безопасные технологии, которые используют эти недорогие природные сорбенты для очистки различных объектов от токсичных веществ. Также представлены результаты исследований как отечественных, так и зарубежных ученых, касающиеся применения цеолитов в различных экологических областях [9]. В одной из работ цеолит был включен в качестве наполнителя в состав натурального каучукового латекса (НКЛ) для улучшения адсорбционных свойств пеноматериалов НКЛ [10]. А другой группой работ изучены эффекты прорезиненного бетона с использованием цеолита и геополимера с конечным сравнением результатов с обычным бетоном [11]. Другие результаты исследований показали, что использование цеолита, модифицированного магнетитом и титанатным связующим (ТСА), которые являются альтернативными связующими, заменяющими силановые связующие, и аморфного диоксида кремния в качестве наполнителя в составе натурального каучука TSR SIR 20, улучшило механические свойства продуктов вулканизации TSR [12].

Ранее на кафедре «Технология неорганических и нефтехимических производств» были проведены исследования по применению цеолита в качестве наполнителя в резиновой промышленности [13, 14]. Цель работы заключается в определении возможности применения этого природного минерала в качестве замены традиционным порошкообразным наполнителям и модификаторам, которые часто используются в различных производственных процессах. Такой подход не только потенциально повышает функциональные характеристики готовой продукции, но и способствует оптимизации затрат на производство, что делает его особенно привлекательным для дальнейших научных и практических разработок в данной области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются:

- цеолит Чанканайского месторождения, Казахстан,
- прокаленный цеолит,
- резиновая смесь для изготовления диэлектрических ковриков, ТОО «Эко-Шина» (табл. 1).

Условия подготовки цеолита перед внедрением его в состав резинотехнических изделий включает в себя следующие этапы:

– Измельчение и сортировка: цеолит, добытый из месторождения Чанканай, предварительно измельчается до размера частиц 0,5-2,6 мм с использованием дробилок и планетарной микро-мельницы. Затем частицы цеолита сортируются через сита с различными размерами ячеек (менее 1 мм), чтобы выделить подходящую фракцию.

– Промывка: измельченный цеолит проходит этап промывки для удаления примесей и улучшения чистоты материала. Для этого: в ёмкость объёмом 3 литра загружается 0,5 кг цеолита и добавляется 2 литра дистиллированной воды. Смесь перемешивается вручную стеклянной палочкой для обеспечения равномерного воздействия воды на цеолит. В течение 3–4 дней мутная вода периодически фильтруется через бумажный фильтр.

– Сушка: Промытый цеолит подвергается сушке в специальной печи при температуре 300–400°C в течение 2 часов. Это позволяет удалить избыточную влагу и подготовить материал к следующему этапу. После сушки материал охлаждается до комнатной температуры, чтобы избежать повреждений его структуры из-за резких перепадов температуры.

– Дополнительное измельчение (активация): для улучшения дисперсности цеолита и повышения его взаимодействия с полимерной матрицей, он подвергается дополнительному измельчению в мельнице-активаторе. Этот процесс обеспечивает однородность частиц.

– Просеивание: после активации цеолит снова сортируется по размерам частиц. Для этого используются наборы сит с номерами № 02, № 014, № 0045, № 0088 и № 0102. На каждое сито помещаются небольшие навески по 50 граммов цеолита. Сито встряхивают, а оставшиеся частицы очищаются мягкой кистью. После завершения процесса остатки с сит взвешиваются и анализируются для контроля качества материала.

Для исследования мелкой фракции цеолита применяли: ИК-спектроскопию (ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IR Prestige-21, оснащенный приставкой для нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle от компании Pike Technologies.) и рентгеноструктурный анализа (Дифрактометр «Дрон-3») (рис. 1).

Свойства резины анализировались в соответствии с установленными стандартными методами, включая измерение физико-механических параметров по ГОСТ 270-84:

– Упруго-прочностные характеристики образцов определяли на разрывной машине марки МРС-2 согласно ГОСТ 270–75.

– Твердость по Шору (ГОСТ 263-75).

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены результаты ИК-спектры порошков цеолита Чанканайского месторождения. Анализ структуры цеолитов особую значимость имеет диапазон волновых чисел от 330 до 660 см^{-1} , где наблюдаются деформационные колебания алюмо-кремний кислородного каркаса. В области поглощения до 1300 см^{-1} фиксируются колебания структурных групп каркаса, которые можно разделить на колебания внешних связей тетраэдров и внутри самих тетраэдров. Колебания, происходящие внутри тетраэдров, можно классифицировать на три типа: антисимметричные валентные колебания в диапазоне 1250-950 см^{-1} , симметричные валентные колебания в диапазоне 720-650 см^{-1} и деформационные колебания в диапазоне 420-500 см^{-1} . Колебания внешних связей, в свою очередь, включают колебания двойного кольца в диапазоне 650-500 см^{-1} , колебания, связанные с входным окном в полости цеолита в диапазоне 300-420 см^{-1} , симметричные валентные колебания в диапазоне 750-820 см^{-1} и антисимметричные валентные колебания по внешним связям в диапазоне 1050-1150 см^{-1} .

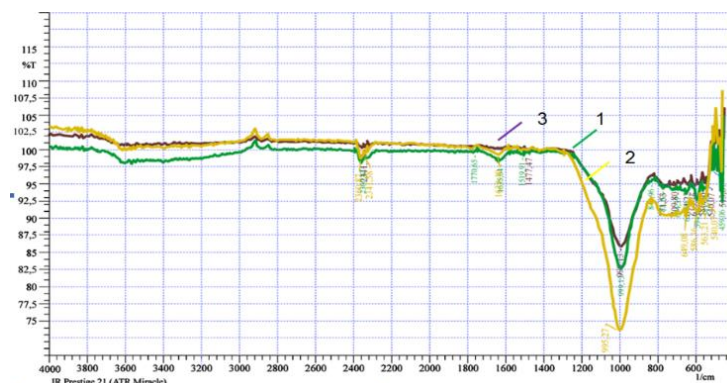


Рисунок 1 – ИК-спектры порошков цеолита Чанканайского месторождения
1 – исходные; 2 – прокаленные в муфельной печи; 3 – прокаленные и активированные

В ИК-спектрах, можно выделить несколько диапазонов поглощения, каждый из которых соответствует определённым видам колебаний. В частности, в интервале частот от 800 до 1200 см^{-1} наблюдаются валентные ассиметричные колебания, относящиеся к связям алюмо-кремниевого каркаса. В диапазоне от 600 до 800 см^{-1} фиксируются валентные симметричные колебания, а область ниже 600 см^{-1} характеризуется деформационными колебаниями.

Существенное уменьшение площади полосы поглощения, относящейся к гидроксильным группам (на частотах 1634 и 3624 см^{-1}), у цеолитов, прошедших прокаливание, указывает на значительное снижение содержания кристаллизационной воды в образцах после процесса дегидратации. Дополнительно, для ИК-спектров активированных и прокаленных цеолитов характерно наблюдение смещения основных полос по сравнению с спектром исходного минерала. Это проявляется в заметном уменьшении площади полосы поглощения при 724 см^{-1} , что может свидетельствовать о изменениях в структуре и свойствах цеолитов под воздействием высоких температур.

Исследование состава цеолита Чанканайского месторождения проводили методом рентгеноструктурного анализа. На рисунке 2 представлены результаты рентгеноструктурного анализа.

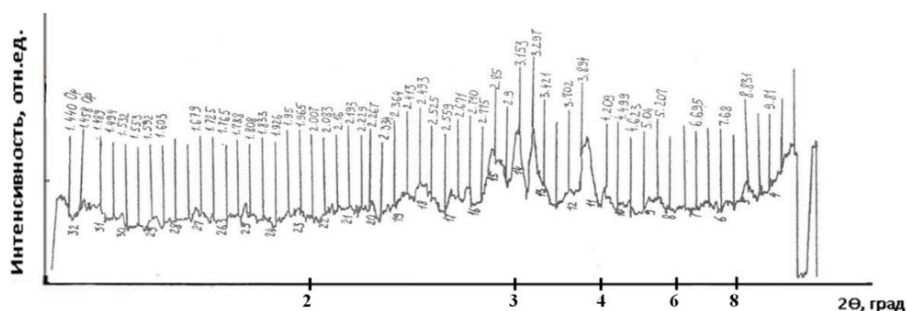


Таблица 1 – Рецепт резиновой смеси для изготовления диэлектрических ковриков

Наименование материалов	Массовые части на 100 масс. ч. каучука			
	Эталон	1	2	3
СКМС – 30 АРКМ15	100	100	100	100
Сера техническая	3,5	3,5	3,5	3,5
Сульфенамид М	2,6	2,6	2,6	2,6
Тиурам	0,4	0,4	0,4	0,4
Белила цинковые	4,98	4,98	4,98	4,98
Стеарин	3	3	3	3
Микровоск	1,2	1,2	1,2	1,2
Масло ПН –6Ш	22,9	22,9	22,9	22,9
Белая сажа БС-120	40	35	20	-
Цеолит Чанканайского месторождения	-	5	20	40
Мел	110	110	110	110
Итого:	288,6	288,6	288,6	288,6

Для оценки влияния цеолита на эксплуатационные свойства резин была выбрана стандартная рецептура резиновой смеси, основанная на каучуке СКМС-30 АРКМ15, предназначенная для изготовления диэлектрических ковриков (табл. 1). Эта выборка позволяет провести глубокий анализ, как добавление цеолита может модифицировать физико-механические свойства конечного продукта. Диэлектрические коврики, применяемые в различных отраслях, требуют высокой надежности и устойчивости к механическим повреждениям, что делает это исследование особенно важным. Анализ влияния цеолита может привести к созданию более качественных и безопасных изделий, что не только повысит потребительские свойства, но и внесет вклад в экологическую безопасность. Таким образом, дальнейшие исследования в данной области обещают открыть новые перспективы для улучшения качества и функциональности резиновых изделий.

После завершения процесса охлаждения резиновые смеси были подвергнуты вулканизации в специализированных прессах при температуре 155°C в течение 20 минут. Данная процедура необходима для получения стандартных образцов и шайб, которые затем использовались для анализа физико-механических свойств вулканизатов.

Определение технологических и физико-механических характеристик резиновых смесей и их вулканизатов проводилось с использованием аккредитованных стандартных методов испытаний, что обеспечивает достоверность и воспроизводимость полученных данных. Эффект наполнения резиновых смесей цеолитом оценивался через сравнительный анализ образцов, содержащих цеолит, с эталонными образцами резины, не содержащими этот наполнитель. Результаты сравнительного анализа были представлены на рисунках 3-6, что позволило глубже изучить влияние цеолита на характеристики резиновых смесей и, следовательно, оценить его потенциал как эффективного наполнителя для улучшения эксплуатационных свойств вулканизатов.

Важнейшей особенностью, определяющей в значительной степени механические свойства резин, являются физико-механические показатели.

Во время вулканизации заготовки резиновых смесей проходят обработку, в результате чего из сформированных пластин создаются образцы. Далее проводятся выборочные испытания, целью которых является определение физико-механических свойств. К таким свойствам относятся прочность на растяжение, относительное и остаточное удлинение, а также твердость по Шору. Все эти показатели зависят от назначения резины и от тех нагрузок, которым она подвергается в процессе эксплуатации.

На рисунке 3 представлены данные пластичности (в условных единицах) в зависимости от массовой доли содержания цеолита. Эталонный образец имеет пластичность 0,3 усл.ед. Анализ проведен для массовых долей цеолита 5%, 20% и 40%. При массовой доле цеолита 5% – пластичность составляет 0,28 усл.ед, это на 0,02 усл.ед ниже, чем у эталонного образца. Такое снижение соответствует 6,7% уменьшению относительно эталона. При массовой доле цеолита 20% – пластичность увеличивается до 0,29 усл.ед, это на 0,01 усл.ед единицу ниже, чем у эталона, что составляет 3,3% уменьшение относительно эталона. При массовой доле цеолита 40% – пластичность достигает значения 0,3 усл.ед, что полностью соответствует

эталонному образцу. В данном случае показатель пластичности полностью восстанавливается.

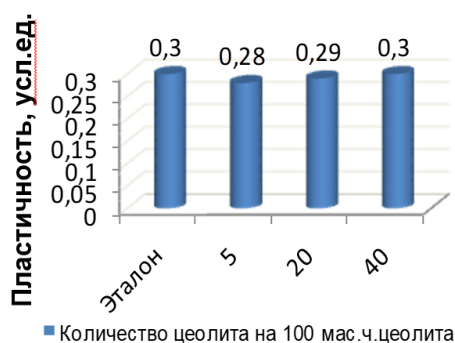


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости пластичности резиновой смеси от содержания цеолита

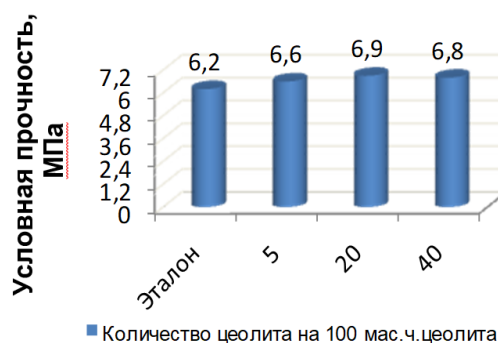


Рисунок 4 – Диаграмма зависимости условной прочности от содержания цеолита



Рисунок 5 – Диаграмма зависимости относительного удлинения от содержания цеолита

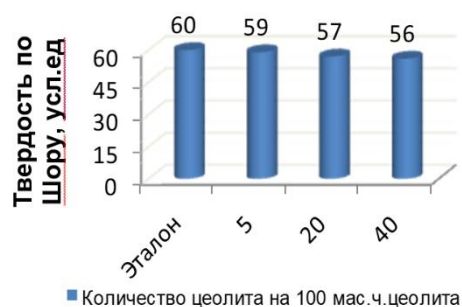


Рисунок 6 – Диаграмма зависимости твердости по Шору от содержания цеолита

На рисунке 4 представлены зависимость условной прочности от содержания цеолита. При массовой доле цеолита 5% – условная прочность увеличивается до 6,6 МПа, что на 0,4 МПа выше эталона. Это соответствует росту на 6,5% относительно эталонного значения. При массовой доле цеолита 20% – условная прочность достигает 6,9 МПа, что на 0,7 МПа выше эталона. Это самый высокий показатель, превышающий эталон на 11,3%. При массовой доле цеолита 40% – условная прочность составляет 6,8 МПа, что на 0,6 МПа выше эталона. Это соответствует росту на 9,7% относительно эталона.

На рисунке 5 представлены зависимость относительного удлинения. При массовой доле цеолита 5% – относительное удлинение увеличивается до 230%, что на 7% выше эталона. Это соответствует увеличению на 3,1% относительно базового значения. При массовой доле цеолита 20% – относительное удлинение достигает 237%, что на 14% выше эталона. Это самый высокий показатель, превышающий эталон на 6,3%. При массовой доле цеолита 40% – относительное удлинение составляет 230%, что также на 7% выше эталона, аналогично 5%-му содержанию цеолита (увеличение на 3,1%).

На рисунке 6 представлены зависимость твердости по Шору. При массовой доле цеолита 5% – твёрдость составляет 59 усл.ед., что на 1 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 1,7%. При массовой доле цеолита 20% – твёрдость снижается до 57 усл.ед., что на 3 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 5%. При массовой доле цеолита 40% – твёрдость уменьшается до 53 усл.ед., что на 7 усл.ед. ниже эталона. Это соответствует уменьшению на 11,7%.

Таким образом, оптимальной долей цеолита для достижения лучших механических свойств материала – 20%. При этой доле наблюдается максимальное улучшение как по прочности, так и по удлинению. Добавление цеолита в массовых долях 5% и 40% даёт хорошую стабильность характеристик, при этом 5% являются наиболее близким к эталону с точки зрения твёрдости, а 40% полностью восстанавливают пластичность. Важно учитывать,

что повышение содержания цеолита в материале, хотя и повышает прочностные характеристики, может снижать твёрдость, что нужно учитывать в зависимости от требований к материалу.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило целесообразность использования природного цеолита из Чанканайского месторождения в качестве наполнителя для резиновых смесей. Оптимальная массовая доля цеолита в 20% обеспечивает рост условной прочности на 11,3% (до 6,9 МПа) и увеличение относительного удлинения на 6,3% (до 237%) по сравнению с эталонными значениями. Добавление цеолита до 40% сохраняет пластичность на уровне эталона, а меньшие доли (5% и 20%) снижают её незначительно. Снижение твёрдости при добавлении цеолита находится в пределах допустимых значений, что делает его пригодным для применения в различных резиновых изделиях. Частичная замена белой сажи на цеолит позволила снизить себестоимость производства без ухудшения качества продукции. Цеолит не выделяет пыль в процессе смешивания, что снижает вредное воздействие на здоровье работников и минимизирует экологический ущерб.

Результаты работы открывают новые горизонты для применения цеолита в резиновой промышленности. Внедрение цеолита позволяет:

- Создавать более экологичные и безопасные производственные процессы, соответствующие современным стандартам.
- Повышать качество и долговечность резинотехнических изделий, таких как диэлектрические коврики.
- Расширять область применения цеолитов, включая разработку новых рецептур и технологий для улучшения эксплуатационных свойств резины.

Таким образом, природные цеолиты Чанканайского месторождения представляют собой перспективный и эффективный компонент для оптимизации состава резиновых смесей.

Список литературы

1. Исследование влияния цеолитовых наполнителей на свойства резин / Ж.К. Конысбек и др. // Научные труды ЮКГУ им.М.Ауэзова. – 2018. – № 3(47). – С. 24-31.
2. Khassankhojayeva B.Sh. The use of zeolite-containing mineral raw materials in the production of rubber products / B.Sh. Khassankhojayeva, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova // Scientific Research and Experimental Development. – 2023. – № 3. – P. 198-202.
3. Гришин Б.С. Материалы резиновой промышленности: монография / Б.С. Гришин. – Казань: КГТУ, 2010. – 506 с.
4. Прокопчук Н.Р. Модификация свойств эластомерных композиций: монография / Н.Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2012. – 218 с.
5. Simultaneous immobilization of ammonia and phosphorous by thermally treated sediment co-modified with hydrophilic organic matter and zeolite / D. Pingzhou et al // Journal of Environmental Management. – 2023. – V 3391, № 117800. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117800>.
6. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature / N.N. Petrova et al // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2015. – V 36. <https://doi.org/10.1002/bkcs.10075>.
7. Hydrocracking Rubber Seeds Oil for Biofuel Production Using Bifunctional Sarulla-Derived Natural Zeolite-Ni and Ni-Mo/SNZ Catalyst / J.L. Sihombing et al // Energy Technology. – 2024. – V 12. <https://doi.org/10.1002/ente.202301318>.
8. Highly water-selective mixed matrix membranes from natural rubber-blend-poly (acrylic acid) (NR-blend-PAA) incorporated with zeolite 4A for the dehydration of water-ethanol mixtures through pervaporation / S. Amnuaypanich et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2012. – V 124.
9. Васильянова Л.С. Цеолиты в экологии / Л.С. Васильянова, Е.А. Лазарева // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 1(127). – С. 61-85.
10. Perera D. Effect of zeolite on the properties of natural rubber foams / D. Perera, Kumanayaka T.O., Walpalage S. // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2014. – T. 5, № 9. – P. 1-5.

11. Experimental Study on Rubberized Concrete using Zeolite and Geopolymer / S. Nikhil et al // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – Vol. 11. – P. 5845-5851.
12. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // Journal of Polymer Research. – 2020. – Vol. 27, № 37. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-2013-0>.
13. Перспективы применения природного цеолита месторождения Даубаба (Казахстан) для наполнения полимеров / Г.Ф. Сагитова и др. // Технология текстильной промышленности. Известия высших учебных заведений. – 2021. – № 6(396). – С. 327-332.
14. Сагитова Г.Ф. Цеолитті қолдана отырып резина қоспаларына арналған құрама оқшаулаушы композицияларын әзірлеу: монография / Г.Ф. Сагитова. – Шымкент: Издательский центр «Асем», 2021. – 160 с.

References

1. Issledovanie vliyaniya tseolitovykh napolnitelei na svoistva rezin / ZH.K. Konysbek i dr. // Nauchnye trudy YUKGU im.M.Auehzova. – 2018. – № 3(47). – S. 24-31. (In Russian).
2. Khassankhojayeva B.Sh. The use of zeolite-containing mineral raw materials in the production of rubber products / B.Sh. Khassankhojayeva, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova // Scientific Research and Experimental Development. – 2023. – № 3. – P. 198-202. (In English).
3. Grishin B.S. Materialy rezinvoi promyshlennosti: monografiya / B.S. Grishin. – Kazan': KGTU, 2010. – 506 s. (In Russian).
4. Prokopchuk N.R. Modifikatsiya svoistv ehlastomernykh kompozitsii: monografiya / N.R. Prokopchuk. – Minsk: BGTU, 2012. – 218 s. (In Russian).
5. Simultaneous immobilization of ammonia and phosphorous by thermally treated sediment co-modified with hydrophilic organic matter and zeolite / D. Pingzhou et al // Journal of Environmental Management. – 2023. – V 3391, № 117800. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117800>. (In English).
6. Antiswelling and Frost-resistant Properties of a Zeolite-modified Rubber Mechanical Seal at Low Temperature / N.N. Petrova et al // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2015. – V 36. <https://doi.org/10.1002/bkcs.10075>. (In English).
7. Hydrocracking Rubber Seeds Oil for Biofuel Production Using Bifunctional Sarulla-Derived Natural Zeolite-Ni and Ni-Mo/SNZ Catalyst / J.L. Sihombing et al // Energy Technology. – 2024. – V 12. <https://doi.org/10.1002/ente.202301318>. (In English).
8. Highly water-selective mixed matrix membranes from natural rubber-blend-poly(acrylic acid) (NR-blend-PAA) incorporated with zeolite 4A for the dehydration of water–ethanol mixtures through pervaporation / S. Amnuaypanich et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2012. – V 124. (In English).
9. Vasil'yanova L.S. Tseolity v ehkologii / L.S. Vasil'yanova, E.A. Lazareva // Novosti nauki Kazakhstana. – 2016. – № 1(127). – S. 61-85. (In Russian).
10. Perera D. Effect of zeolite on the properties of natural rubber foams / D. Perera, Kumanayaka T.O., Walpalage S. // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2014. – T. 5, № 9. – P. 1-5. (In English).
11. Experimental Study on Rubberized Concrete using Zeolite and Geopolymer / S. Nikhil et al // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – Vol. 11. – P. 5845-5851. (In English).
12. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // Journal of Polymer Research. – 2020. – Vol. 27, № 37. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-2013-0>. (In English).
13. Perspektivy primeneniya prirodnogo tseolita mestorozhdeniya Daubaba (Kazakhstan) dlya napolneniya polimerov / G.F. Sagitova i dr. // Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. – 2021. – № 6(396). – S. 327-332. (In Russian).
14. Sagitova G.F. Tseolitti қолдана отырып резина қоспаларына арналған құрама оқшаулаушы композицияларын әзірлеу: монография / G.F. Sagitova. – Shymkent: Izdatel'skii tsentr «AseM», 2021. – 160 s. (In Russian).

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5

²И.М.Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы,

Өзбекстан Республикасы, Ташкент қаласы, Дурмон Юли көшесі, 34

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ДИЭЛЕКТРЛІК КІЛЕМШЕЛЕР ӨНДІРІСІНДЕ ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Бұл мақалада Чанканай кен орнының табиғи цеолитін резина қоспаларына толтықырғыш ретінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Минералды толықтырғыштардың резина сипаттамаларына әсерін зерттеуге арналған көптеген зерттеулер осы саланың болашағы мен даму мүмкіндігін көрсетеді.

Стандартты жағдайларда резиналарды минералды компоненттермен толықтыру кезінде бірқатар оң әсерлер байқалады. Атап айтқанда, бұл материалдың құнын төмендетуге, оның серпімді-беріктік сипаттамаларын жақсартуға және композицияның технологиялық қасиеттерін оңтайландыруға әкеледі. Бұл өзгерістер шығындар мен материалдардың сапасын бақылауда шешуші рөл атқаратын өнеркәсіп үшін өте маңызды.

Бұл жұмыстың өзекті міндеті резина қоспаларының барлық қажетті сипаттамаларын сақтау үшін қымбат толықтырғыштарды қол жетімді баламаларға ауыстыру болып табылады. Сондықтан жаңа ингредиенттер дайын өнім стандарттар мен пайдалану талаптарына сәйкес келуі үшін бірдей немесе жақсартылған қасиеттерді қамтамасыз етуі керек. Беріктікті, икемділікті, тозуға төзімділікті және басқа да негізгі көрсеткіштерді сақтау алмастырғыштарды іздеу және енгізу кезінде басты басымдыққа айналады, бұл өнімнің сапасын жоғалтпай шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Зерттеу аясында Чанканай кен орнының цеолиттері мен диэлектрлік кілемшелерді өндіру үшін пайдаланылатын резинаны зерттеу нысандары болып табылады, олар жоғары электр оқшаулау қасиеттеріне және механикалық беріктікке ие болуы керек.

Цеолиттердің физика-химиялық қасиеттерін талдау үшін ИҚ спектроскопиясы мен рентгендік құрылымдық талдауды қолдана отырып зерттеулер жүргізілді. Бұл әдістер цеолит ұнтақтарының құрылымы мен құрамы туралы егжей-тегжейлі ақпарат береді. Бұл олардың резинаны толықтырғыштар ретіндегі әлеуетін бағалау үшін өте маңызды.

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде ақ күйені Чанканай кен орнының цеолитіне ішінара ауыстырумен алынған резина қоспасы қанағаттанарлық физика-механикалық көрсеткіштерді көрсететіні анықталды. Бұл резина өнеркәсібінде табиғи цеолиттерді қолданудың жаңа перспективтілігін ашады. Бұл шығындарды азайтуға да, соңғы өнімнің сапасын жақсартуға да ықпал етеді.

Осылайша, жұмыс нәтижелері табиғи цеолиттер сияқты қол жетімді және экологиялық таза материалдарды пайдалана отырып, резина қоспаларының құрамын оңтайландыруға бағытталған осы саладағы қосымша зерттеулердің маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: толықтырғыш, цеолит, ақ күйе, резина қоспасы, механикалық беріктік, минералды компонент.

B.Sh. Khassankhojayeveva¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², S.A. Sakibayeva¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,

160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5

²FILE Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU),

Republic of Uzbekistan, Tashkent, Durmon Yuli str., 34

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

THE USE OF NATURAL ZEOLITES IN THE PRODUCTION OF DIELECTRIC MATS

This article discusses the possibility of using natural zeolite from the Changkanai deposit as a filler for rubber compounds. Numerous studies devoted to the study of the effects of mineral fillers on the characteristics of rubber indicate the prospects and possibilities for the development of this field.

When filling rubbers with mineral components under standard conditions, a number of positive effects are observed. In particular, this leads to a reduction in the cost of the material, improvement of its elastic-strength characteristics and optimization of the technological properties of the composition. These changes are important for the industry, where cost and material quality control plays a key role.

The urgent task of this work is to replace expensive fillers with more affordable alternatives, in order to preserve all the required characteristics of rubber compounds. Therefore, the new ingredients must provide the same or improved properties so that the finished product meets the standards and operational requirements. Maintaining strength, elasticity, wear resistance and other key indicators becomes a top priority in the search and implementation of substitutes, which reduces costs without loss of product quality.

Within the framework of the study, the objects of study are zeolites of the Changkanai deposit and rubbers used for the production of dielectric mats, which must have high electrical insulating properties and mechanical strength.

To analyze the physico-chemical properties of zeolites, studies using IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis were carried out. These methods provide detailed information about the structure and composition of zeolite powders, which is critically important for assessing their potential as fillers for rubber.

As a result of experimental studies, it was found that the rubber mixture obtained with partial replacement of white soot with zeolite from the Changkanai deposit demonstrates satisfactory physical and mechanical properties. This opens up new prospects for the use of natural zeolites in the rubber industry, contributing to both cost reduction and improvement of the quality of the final product.

Thus, the results of the work emphasize the importance of further research in this area aimed at optimizing the compositions of rubber compounds using affordable and environmentally friendly materials such as natural zeolites.

Key words: filler, zeolite, white carbon black, rubber compound, mechanical strength, mineral component.

Информация об авторах

Биби-Мариям Шераликызы Хасанходжаева – докторант кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия, химия нефти и газа» филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина, г. Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Авторлар туралы ақпарат

Биби-Мариям Шераликызы Хасанходжаева – М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – Химия ғылымының докторы, «Жалпы химия, мұнай және газ химиясы» кафедрасының профессоры, И.М. Губкин. атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразаковна Сакибаева – техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Бейорганикалық және мұнай-химия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Information about authors

Bibi-Mariyam Khassankhojayeva – doctoral student of the department «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi-mariyam93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3568-2043>.

Guzaliya Sagitova* – 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: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Abdujalol Sidikov – Doctor of Chemical Sciences, Professor, of the Department «General Chemistry, Chemistry of Oil and Gas» branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU) Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Saule Sakibayeva – 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: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Поступила в редакцию 30.10.2024
Поступила после доработки 03.12.2024
Принята к публикации 09.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-49](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-49)

IRSTI: 55.22.19



M. Maulet^{1*}, M.N. Azlan², S. Bolatov¹, A.B. Alibekova¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
070002, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, st. Shakarima 148

²Universiti Pendidikan Sultan Idris,
35900, Malaysia, Perak, Tanjung Malim,

*e-mail: maulet_meruert@mail.ru

DURABILITY AND CORROSION BEHAVIOR OF Ni-Cr-Al DETONATION COATINGS UNDER Na₂SO₄/NaCl EXPOSURE

Abstract: *This study investigates the durability and corrosion resistance of Ni-Cr-Al detonation-sprayed coatings when exposed to high-temperature environments containing molten Na₂SO₄ and NaCl. Such conditions are highly corrosive and frequently encountered in aerospace, energy, and chemical industries. Gradient and homogeneous Ni-Cr-Al coatings were compared to understand their behavior under aggressive exposure. The reveal of results those gradient coatings exhibit superior corrosion resistance due to their ability to retain protective oxides, such as Cr₂O₃, and mitigate stress-induced damage through compositional grading. In contrast, homogeneous coatings displayed significant degradation, including widespread corrosion, delamination, and the formation of sodium-based phases like NaNiO₂. XRD analysis confirmed the presence of oxidation and sulfidation products, with gradient coatings showing enhanced stability against phase transitions. These findings highlight the potential of gradient Ni-Cr-Al coatings to improve component performance in extreme conditions and provide valuable insights for optimizing coating compositions and processes to enhance operational reliability in harsh environments.*

Key words: *detonation spraying, NiCr-Al coatings, Na₂SO₄/NaCl salts, gradient coatings, aggressive environment.*

Introduction

Nickel-based coatings, particularly Ni-Cr-Al coatings, have become critical in high-temperature environments due to their excellent oxidation and corrosion resistance. These coatings are widely employed in industries such as aerospace, energy, and chemical processing, where components are subjected to aggressive environments containing molten salts like sodium sulfate (Na₂SO₄) and sodium chloride (NaCl) [1]. The combination of chromium and aluminum enhances the formation of protective oxide layers, primarily Cr₂O₃ and Al₂O₃, which act as barriers against further oxidation and corrosion [2-3].

Detonation spraying technique, has proven effective for producing dense and adherent Ni-Cr-Al coatings with superior mechanical and tribological properties [4]. However, the durability of such coatings under simultaneous exposure to Na₂SO₄ and NaCl remains a critical challenge. Molten salts are known to disrupt protective oxide layers through mechanisms such as basic fluxing and acidic dissolution, accelerating the degradation process. This is particularly relevant in environments with fluctuating temperatures, which may lead to the cyclic formation and spallation of oxide scales [5-7].

The synergistic effects of Na₂SO₄ and NaCl in inducing hot corrosion further complicate the material's performance. NaCl introduces chlorine-induced degradation mechanisms, including pitting and intergranular attack, while Na₂SO₄ contributes to the formation of low-melting eutectic phases, exacerbating coating degradation [8-9]. Investigating the corrosion behavior of Ni-Cr-Al detonation

coatings under these conditions is vital to understanding their long-term reliability and optimizing their composition and processing parameters [10].

This study focuses on the durability and corrosion mechanisms of Ni-Cr-Al detonation coatings under Na_2SO_4 and NaCl exposure. The findings aim to provide insights into improving the coatings' resistance to high-temperature corrosive environments.

Materials and methods

To produce homogeneous and gradient coatings based on Ni-Cr-Al, low-alloy heat-resistant boiler steel 12Kh1MF was selected as the substrate material. Samples were prepared in dimensions of 15x15x3 mm. Prior to coating application, the surfaces of the substrates were ground on all six sides using MIRKA sanding paper with a grain size of 1200 to ensure a uniform and flat surface. Subsequently, the samples were sandblasted on all six sides to enhance the adhesion of the sprayed coating. The coatings were prepared using a composite Ni-Cr-Al powder, consisting of 80 wt.% Ni-Cr powder (Ni20Cr80) and 20 wt.% Al (purity 99,99%). The nominal particle size of the powder ranged from 30 to 45 μm . Coatings were deposited using the CCDS 2000 detonation unit. Homogeneous Ni-Cr-Al coatings were obtained with a barrel filling volume of 50% with explosive gas, while gradient coatings were produced by decreasing the barrel filling volume to 25% with explosive gas. Detailed information on the gradient coating process is described in our previous work [4]. Both homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings were applied to all six sides of the substrates.

Three types of samples were subjected to exposure in a $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ environment: samples with homogeneous Ni-Cr-Al coatings, samples with gradient Ni-Cr-Al coatings, uncoated heat-resistant low-alloy steel 12Kh1MF. The surface of the samples prior to exposure is presented in Figure 1. The exposure tests were conducted at 700°C in static air under atmospheric pressure. Three samples were tested simultaneously, placed in a heat-resistant crucible capable of withstanding temperatures up to 2500°C. A muffle furnace (SNOL 7,2/1100) with a ceramic chamber and a maximum operating temperature of 1100°C was used for the tests. Prior to testing, the samples were photographed. The samples were held at 700°C for one hour per cycle, followed by 20 minutes of air cooling. The total exposure duration comprised 15 cycles.

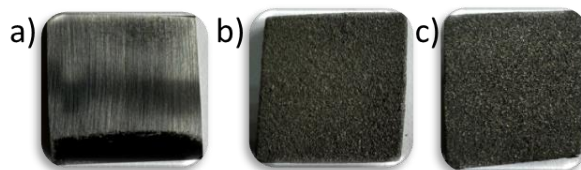


Figure 1 – The surface of the samples prior to exposure:
a) uncoated steel 12Kh1MF, b) homogeneous Ni-Cr-Al coatings, c) gradient Ni-Cr-Al coatings

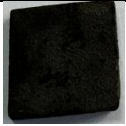
To identify the phases formed in the coatings after high-temperature oxidation tests, X-ray diffraction (XRD) analysis was performed using an X'PertPRO diffractometer with Cu-K α radiation ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$) at 40 kV and 30 mA. Diffractograms were collected in the 2θ range of 20° to 90° with a step size of 0,02° and a counting time of 0.5 seconds per step. The data were analyzed using the HighScore software.

Results and discussion

The surface morphology of gradient and homogeneous Ni-Cr-Al coatings before and after exposure to the $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ environment demonstrates clear differences in their corrosion resistance (table 1). Initially, gradient coatings exhibit a smoother surface transition, while homogeneous coatings show uniform but slightly rougher textures. After exposure, gradient coatings display localized oxidation and sulfidation with relatively intact structural integrity, whereas homogeneous coatings suffer severe degradation, including widespread corrosion, cracking, and delamination. The observed corrosion products, consistent with XRD results (e.g., Cr_2O_3 and $\text{Ni}_{3-x}\text{S}_2$) in figure 2, indicate that gradient coatings better retain protective oxides and resist stress-induced damage, highlighting their superior durability compared to the uniform composition of homogeneous coatings. The initial steel shows the most significant degradation over time, with visible signs of corrosion and cracking after multiple cycles. The homogeneous Ni-Cr-Al coating provides moderate protection, but its performance diminishes over time as wear and coating detachment occur. The gradient Ni-Cr-Al coating outperforms both the uncoated steel and the

homogeneous coating, exhibiting minimal degradation even after extended cycles, likely due to the gradient structure's enhanced mechanical and chemical stability.

Table 1 – The surface morphology of samples before and after exposure to the Na₂SO₄/NaCl environment: Initial steel 12Kh1MF, homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings

Cycles	Initial steel 12Kh1MF	Homogenous Ni-Cr-Al coating	Gradient Ni-Cr-Al coating
after 1 cycle			
after 5 cycles			
after 10 cycles			
after 15 cycles			

Prior to testing for high-temperature cyclic oxidation, the homogeneous Ni-Cr-Al coating consisted of the CrNi₃ phase and the Ni-Cr-Al gradient coating consisted of the CrNi₃, Al, and NiAl phases [4]. The XRD results reveal distinct phase transformations in both gradient (Figure 2a) and homogeneous (Figure 2b) Ni-Cr-Al coatings after exposure to the Na₂SO₄/NaCl environment. For the pristine coatings, stable phases such as CrNi₃, NiCrO₃, Cr₂O₃, and Al₂O₃ are observed, contributing to high thermocorrosion resistance. Upon exposure, both coating types exhibit the formation of new phases like Ni_{3-x}S₂, NiCr₂O₄, NaNiO₂, and CrS, indicating oxidation and sulfidation processes, particularly affecting chromium. In gradient coatings, the phase transitions suggest enhanced resistance due to better stress distribution and compositional grading, whereas homogeneous coatings show more pronounced degradation, evidenced by a higher intensity of sodium-based phases such as NaNiO₂.

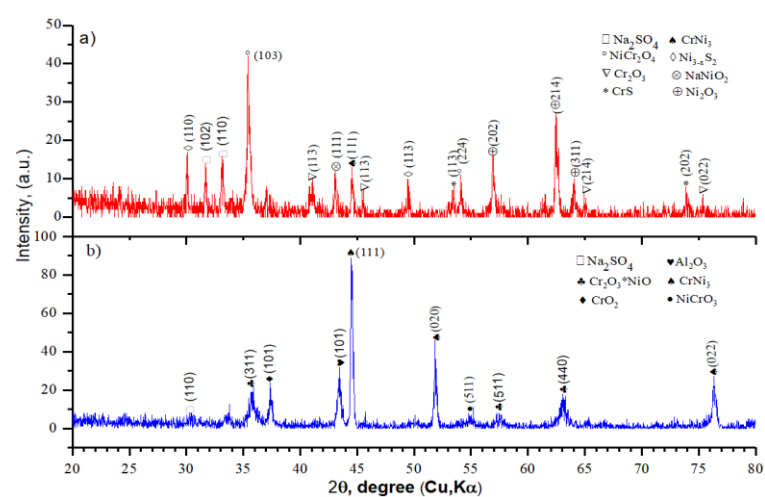


Figure 2 – Diffractogram of Ni-Cr-Al coatings after exposure to the Na₂SO₄/NaCl environment: a) gradient Ni-Cr-Al coating, b) homogenous Ni-Cr-Al coating

Conclusion

The study demonstrates that gradient Ni-Cr-Al coatings outperform homogeneous coatings in resisting high-temperature corrosion caused by molten Na₂SO₄ and NaCl. The superior performance of gradient coatings is attributed to their ability to better retain protective oxides such as Cr₂O₃ and Al₂O₃ and distribute stresses more effectively during thermal cycling. In contrast, homogeneous coatings exhibited significant degradation, including delamination and the formation

of corrosive sodium-based phases. These findings underline the importance of compositional grading in designing Ni-Cr-Al coatings for critical applications in aerospace, energy, and chemical industries where components face aggressive environmental conditions. Future research should focus on further refining gradient coating techniques and exploring their long-term performance in varying operational scenarios.

References

1. A comprehensive study on hot corrosion resistance of NiCoCrAlYTa and NiCrAl thermal-sprayed coatings for CSP applications / A. Daniel et al // Journal of Energy Storage. – 2023. – V. 74. – P. 109346.
2. Comparative hot corrosion performance of APS and Detonation sprayed CoCrAlY, NiCoCrAlY and NiCr coatings on T91 boiler steel / C. Sundersan et al // Corrosion Science. – 2021. – V. 189. – P. 109556.
3. Manjor K. Production of Nanocrystalline Ni-20Cr Coatings for High-Temperature Applications / K. Manjor, S. Harpreet, S. Narinder // Journal of Thermal Spray Technology. – 2014. – V. 23. – P. 692-707.
4. Structure and Tribological Properties of Ni-Cr-Al Based Gradient Coating Prepared by Detonation Spraying / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2021. – Vol. 11(2). – P. 218.
5. Sukhpal S.C. High temperature hot corrosion behaviour of NiCr and Cr3C2-NiCr coatings on T91 boiler steel in an aggressive environment at 750°C / S.C. Sukhpal, S.S. Hazoor, S.S. Buta // Surface and Coatings Technology. – 2012. – V. 206(19). – P. 3839-3850.
6. Madjid S. Corrosion of steel alloys in eutectic NaCl+Na₂CO₃ at 700 °C and Li₂CO₃ + K₂CO₃ + Na₂CO₃ at 450°C for thermal energy storage / S. Madjid, A. Theodore, W. Geoffery // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2017. – Vol. 170. – P. 48-59.
7. Niraj B. Accelerated hot corrosion studies of cold spray Ni-50Cr coating on boiler steels / B. Niraj, S. Harpreet, P. Satya // Materials & Design. – 2010. – Vol. 31(1). – P. 244-253.
8. Lina M. Comparative review of different influence factors on molten salt corrosion characteristics for thermal energy storage / M. Lina, Zh. Cancan, W. Yuting // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2022. – Vol. 235. – P. 111485.
9. Xin R. High-temperature oxidation and hot corrosion behaviors of the NiCr–CrAl coating on a nickel-based superalloy / R. Xin, W. Fuhui, W. Xin // Surface and Coatings Technology. – 2005. – Vol. 198(1). – P. 425-431.
10. Investigation of high-temperature oxidation of homogeneous and gradient Ni-Cr-Al coatings obtained by detonation spraying / B. Rakhadilov et al // Coatings. – 2024. – Vol. 14(11). – P. 1-11.

Funding

This paper was performed within the grant financing of scientific research of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Grant AP22688426.

М. Маулет[†], М.Н. Азлан², С.Болатов¹, Ә.Б. Әлібекова¹

¹С. Аманжолов Шығыс Қазақстан Университеті,
070002, Қазақстан, Өскемен, Шәкәрім к-сі 148

²Пендидикан Университеті Сұлтан Идрис,
35900, Малайзия, Перак, Танджунг Малим

*e-mail:maulet_meruert@mail.ru

Na₂SO₄/NaCl ӘСЕРІНДЕГІ Ni-Cr-Al ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРЫНЫҢ БЕРІКТІГІ МЕН КОРРОЗИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Бұл зерттеуде жоғары температуралық Na₂SO₄ және NaCl тұзды орталарда Ni-Cr-Al детонациялық бүрікпемен жабылған қабаттардың беріктігі мен коррозияға төзімділігі зерттелді. Мұндай агрессивті жағдайлар жиі авиация, энергетика және химия өнеркәсібінде кездеседі. Агрессивті ортадағы Ni-Cr-Al градиентті және біртекті жабындарының қасиеттері салыстырылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, градиентті жабындар жоғары коррозияға төзімділікті көрсетеді. Ал біртекті жабындар елеулі деградацияға, оның ішінде кеңінен таралған коррозияға, қабыршақтануға және NaNiO₂ сияқты натрий негізіндегі фазалардың түзілуіне ұшырады. Рентгендік фазалық талдау нәтижесінде тотығу және сульфидтелу өнімдерінің пайда болғаны расталды, ал градиентті жабындар фазалық ауысымдарға жоғары тұрақтылық көрсетті. Бұл нәтижелер градиентті Ni-Cr-Al жабындарының төтенше жағдайларда қолдану тиімділігін

арттырып, жабын құрамы мен технологиясын оңтайландыру бойынша маңызды ақпарат беретінін дәлелдейді.

Түйін сөздер: детонациялық бүрку, Ni-Cr-Al жабындары, $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ тұздары, градиентті жабындар, агрессивті орта.

М.Маулет[†], М.Н. Азлан², С.Болатов¹, А.Б.Алибекова¹

¹С. Аманжолов Восточно-Казахстанский университет,
070002, Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. Шакарима 148

²Пендидиканский Университет Султан Идрис,
35900, Малайзия, Перак, Танджунг Малим

*e-mail:maulet_meruert@mail.ru

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Ni-Cr-Al ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$

В данном исследовании изучается долговечность и коррозионная стойкость покрытий Ni-Cr-Al, нанесённых методом детонационного напыления, при воздействии высокотемпературных сред, содержащих расплавленные Na_2SO_4 и NaCl . Эти условия высокоагрессивны и часто встречаются в аэрокосмической, энергетической и химической промышленности. Проведен сравнительный анализ градиентных и однородных покрытий Ni-Cr-Al для понимания их поведения в агрессивных средах. Результаты показывают, что градиентные покрытия демонстрируют превосходную коррозионную стойкость. В отличие от этого, однородные покрытия подвергались значительной деградации, включая обширную коррозию, деламинацию и образование фаз, содержащих натрий, таких как NaNiO_2 . Рентгенофазовый анализ подтвердил наличие продуктов окисления и сульфидации, при этом градиентные покрытия продемонстрировали повышенную стабильность к фазовым переходам. Эти результаты подчеркивают потенциал градиентных покрытий Ni-Cr-Al для улучшения работы компонентов в экстремальных условиях и предоставляют ценные данные для оптимизации состава и технологий нанесения покрытий.

Ключевые слова: детонационное напыление, покрытия Ni-Cr-Al, соли $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$, градиентные покрытия, агрессивная среда.

Information about the authors

Meruyert Maulet^{*} – senior researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Muhammad Noorazlan Bin Abd Azis – PhD, A lecturer from the Faculty Of Science And Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim, Perak, Malaysia; e-mail: azlanmn@fsmt.upsi.edu.my. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2428-4952>.

Sanzhar Daurenuly Bolatov – junior researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Balym Alibekovna Alibekova – engineer researcher of Scientific Research Center «Surface Engineering and Tribology» at Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Авторлар туралы мәліметтер

Меруерт Маулет^{*} – Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Мұхаммед Нұразлан Бен Абд Азис – PhD, Пендидикан Университетінің Жаратылыстану-Математика Факультетінің оқытушысы Сұлтан Идрис, Танджунг Малим, Перак, Малайзия; e-mail: azlanmn@fsmt.upsi.edu.my. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2428-4952>.

Санжар Дәуренұлы Болатов – Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО кіші ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Балым Әлібекқызы Әлібекова – Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Университетінің «Беттік инженерия және трибология» ҒЗО аға ғылыми қызметкері, Өскемен, Қазақстан; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Сведения об авторах

Меруерт Маулет* – старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: maulet_meruert@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1570-0301>.

Мухаммад Нуразлан Бин Абд Азис – доктор философии, преподаватель факультета естественных наук И математики Университета Пендидикан Султан Идрис, Танджунг Малим, Перак, Малайзия; e-mail: azlanmn@fsmt.ups.edu.my. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2428-4952>.

Санжар Дауренулы Болатов – младший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: sanzharbolatov94@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3136-0535>.

Балым Алибековна Алибекова – инженер-исследователь Научно-исследовательского центра «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: balymalibekova304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7644-4527>.

Received 06.12.2024

Revised 10.12.2024

Accepted 11.12.2024

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:

- **ҒТАХА** индексі (ғылыми-техникалық ақпараттың халықаралық айдары) – беттің сол жақ шетінен көрсетіледі. **ҒТАХА** индексінің мақаласын тағайындау үшін www.grnti.ru сайтын 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. 5, № 8. – Б. 40-41.
2. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполипидемиялық 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 (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 кемінде 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^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Искакова¹, А.К. Каримов³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Мәскеу мемлекеттік университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71
*e-mail: smagulov@mail.ru

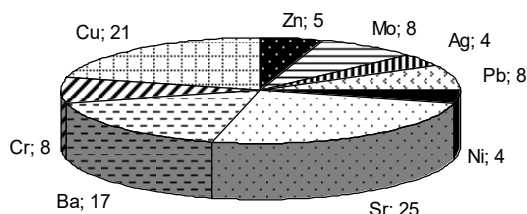
АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

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	$8,5 \times 10^{-5}$	—

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 angioprotektorlyk zhene gipolipidemiyalyk belsendiligi / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 b.
2. Khrustaleva M.A. Tabigi zhene antropogendik landshaft komponentterindegi auyr metaldardyng biogeokhimiya lyk keshi-kony zhene zhinakhtaluy / M.A. Khrustaleva // 3-shi Khalyqaralyq ғыlymi konferentsiyanyn ғыlymi eңбекter zhinafy. – Semei q.: SMU baspasy Shәkәrim, 2012. – 1 Tom. – B. 368-373.
3.

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

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

²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

³Казахский 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^{1*}, S. Zaitsev², M. Isakov¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Moscow State University, Moscow, Russia
119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

³Al-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

Для работы с порталом необходимо зарегистрироваться на сайте 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.
- 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. Аксартон Р.М. Метод количественного определения леукомизина / Аксартон 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 гиполипидемическая 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 (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^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³
¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1
³Казахский 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 отображено содержание тяжелых металлов во льду водохранилищ.

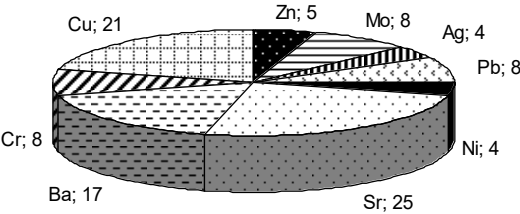


Рисунок 1 – Распределение содержания тяжелых металлов во льду водохранилищ Москворецкой системы

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	0,5х10 ⁻⁶	0,2х10 ⁻⁴
2	Cr	0,4х10 ⁻⁶	1,6х10 ⁻³
3	V	8,5х10 ⁻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 prirodnikh 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^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

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

²Мәскеу мемлекеттік университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-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^{1*}, S. Zaitsev², M. Isakov¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Moscow State University, Moscow, Russia
119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

³Al-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 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>.

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

To work with the portal, you need to register on the site 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.
- 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 Kazakhstan: 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 (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. Smagulov¹, S. Zaitsev², M. Iskakova¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A, Glinki str.

²Moscow State University,

119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiye Gory, 1, str.

³Kazakh 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.

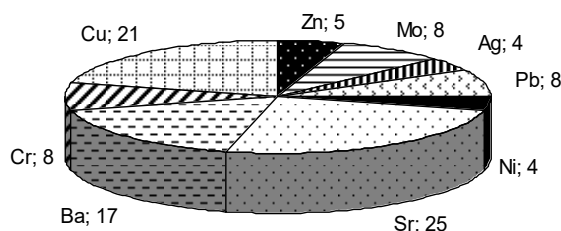


Figure 1 – Distribution of heavy metals in the ice of reservoirs of the Moskvoretskaya system

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. 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 prirodnkh i antropogennykh landshaftov / M.A. Khrustaleva // Sbornik trudov 3-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – g. Semey: Izd-vo SGU im. Shakarima, 2012. – Tom 1. – S. 368-373.
3. ...

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

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

²Мәскеу мемлекеттік университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-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^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А

²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

³Казахский 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 Isakova – 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

T. Zhylykybayev, A. Mendebayeva, A. Zolotov, A. Dvortsevov, D. Kozhakhmetova THE USE OF SOCIAL NETWORK BOTS TO HELP THE WORK OF THE ACADEMIC DEPARTMENT.....	5
А.О. Закенова, Ж.М. Алимжанова ВЕБ-КАМЕРАЛАРДЫҢ ЖАСЫРЫН БҰЗЫЛУЫН БОЛДЫРМАУДЫҢ ТИІМДІ ӨДІСТЕРІ.....	10
Д.О. Кожаметова, А.Ж. Адылканова, Р.Н. Назаров АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА МҰНАЙДЫ ТЕРЕҢ ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ НЫСАННЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ.....	17
Б.А. Майлыханова, Ш.К. Кошимбаев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ РУДНОТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	28
N.M. TaubakabyI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN DETECTING SPEECH ACTIVITY IN A STREAM.....	33
A.K. Shaikhanova, Zh.A. Bermukhambetov, V.V. Kim, A.O. Tleubayeva INNOVATIVE ARCHITECTURAL SOLUTIONS AND INTERDISCIPLINARY IMPLEMENTATION OF THE BULT CLOUD PLATFORM FOR WEB APPLICATION ORCHESTRATION.....	40
T.M. Мехдиев, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова АНАЛИЗ СИСТЕМ THREAT INTELLIGENCE.....	49
А.Б. Какенова, Б.К. Абдураимова, С.А. Сантеева ЭЛЕКТРОНДЫҚ ПОШТА АРҚЫЛЫ ФИШИНГТІК ШАБУЫЛДАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ПАЙДАЛАҢАУ.....	57
D.K. Karataev, B.K. Abduraimova, MULTIDIMENSIONAL BLOCKCHAIN AND ITS ADVANTAGES.....	66
D.V. Son SOIL YIELD FORECASTING.....	72
B.K. Kenzhaliyev, S.Zh. Aibagarov, S.D. Bekele, S.A. Kvyatkovskiy, M.A. Dyussebekova DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SOFTWARE SOLUTION FOR PROCESSING HIGH- SULFUR, COPPER-POOR CONCENTRATES IN THE COPPER SMELTING INDUSTRY.....	80

МАШИНА ЖАСАУ ЖӘНЕ МЕХАНИКА

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕХАНИКА

A.B. Shynarbek, R.K. Kusainov, A.Zh. Zhasulan, K.D. Ormanbekov, N.E. Kadyrbolat OPTIMIZATION OF ELECTRIC ARC METALLIZATION PARAMETERS TO IMPROVE THE PROPERTIES OF 30KhGSA STEEL COATINGS IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY.....	90
А.С. Жакупов, Е.Б. Алжанов ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО МАЛОГАБАРИТНОЙ СПЕЦТЕХНИКИ (МИНИ- ТРАКТОРЫ, МИНИ-ФРОНТАЛЬНЫЕ ПОГРУЗЧИКИ).....	96

И.Х. Ташенов, А.К. Шайханова АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ERP-СИСТЕМ SAP: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ RECON И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	103
А.Е. Найманов, А.К. Шайханова ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	110
И.Ж. Мейрамов РОЛЬ ЗАЩИТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЯДРА В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ АТАК НА УРОВНЕ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX.....	120
Б.Т. Иманбек, Ж.Е. Байғараева, А.К. Болтабоева, Ж.Б. Кальпеева, А.Б. Копенов ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ НА ОСНОВЕ IOT И SCADA.....	127

ТАМАҚ ИНЖЕНЕРИЯСЫ ЖӘНЕ БИОТЕХНОЛОГИЯ

ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

А.Ә. Жанболат, У.О. Тунғышбаева, Ш.С. Аманова, А.А. Нуриахмет, С.Е. Аман ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЩЕВЫХ УПАКОВКАХ В ВОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ МЕТОДОМ АТОМНО АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ.....	136
Б.М. Кулуштаева, Г.Т. Жуманова, А.С. Камбарова, Ф.Х. Смольникова, Ж.С. Набиева ГЛЮТЕНСІЗ НАН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНА НАССР ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ.....	143
М.М. Какимов, С.Д. Токаев, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков, Б.Т. Рзаев БИДАЙ ҰНЫН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ОРАМДА ФРАКЦИЯЛАРҒА БӨЛҮДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ.....	151
Н.А. Есенкулова, Т.Б. Абдигалиева СИДР ДАЙЫНДАУҒА АРНАЛҒАН АЛМА ШЫРЫНДАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ.....	159
А.Е. Абдугамитова, А.Д. Серикбаева, С.З. Матеева, Б.М. Исаков ИССЛЕДОВАНИЕ РАССОЛЬНОГО СЫРА ИЗ КОМБИНИРОВАННОГО МОЛОКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ.....	167
А.А. Аблаева, Е.А. Петренко, Д.А. Тлевлесова, Ж.С. Набиева, Б.М. Хамитова ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ СИТУАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАТОНЧИКОВ.....	174
Ш.Т. Кырыкбаева, Ж. Калибекқызы, О.В. Иващенко, Ж.Т. Букабаева, А.М. Шарипханова ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯГКОГО РАССОЛЬНОГО СЫРА С РАСТИТЕЛЬНОМ КОМПОНЕНТОМ.....	184
Ф.Х. Смольникова, Г.К. Наурзбаева, М.Б. Ребезов, Э.К. Окусханова, Б.М. Кулуштаева ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА С РАСТИТЕЛЬНОМИ КОМПОНЕНТАМИ.....	190
В.А. Murzabaev, G.O. Kantureyeva STUDY OF THE INFLUENCE OF PLUM DRYING PARAMETERS ON THE CONTENT OF POLYPHENOLIC SUBSTANCES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PRUNES.....	199
Б.С. Туганова, К.М. Омарова СОЗДАНИЕ НОВОГО ВИДА ОБОГАЩЕННОГО МЯГКОГО СЫРА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СЫРОПРИГОДНОСТИ МОЛОКА КОРОВ ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА.....	205
Б.М. Кулуштаева, Г.Т. Жуманова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, А.О. Утегенова КОМПОЗИТТІК ҰННАН АЛЫНҒАН ГЛЮТЕНСІЗ НАННЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ.....	215

З.И. Кобжасарова, З.Т. Нұрсеитова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова, Б.Т. Ешімбетова ҚАРАҚҰМЫҚ ҰНЫ ҚОСЫЛҒАН БИСКВИТ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТАРЫН ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	221
П.Б. Ашимова, А.Д. Серикбаева, Г.Т. Туменова, А.Т. Қожаберген, В.С. Жамурова АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ РАЙЫМБЕК АУДАНЫ «ШӨЛКӨДЕ» АУЫЛЫНЫҢ ШАРУАШЫЛЫҚ БИЕ СҮТТЕРІНІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	229
Н. Мұратжанқызы, Ө.Л. Қасенов, С.Д. Токаев, Г.Б. Абдилова, Б.А. Лобасенко ЖЕРГІЛІКТІ ЖЕРДЕ ӨСЕТІН ШЫРҒАНАҚ ӨНІМІНІҢ ДӘРУМЕНДІК ҚҰРАМЫН ТАЛДАУ.....	237
А.У. Исаева, С.С. Каримова, А.И. Жумадулаева, Р.Б. Аралбаева, С.Б. Аширбаева СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ.....	243
Н. Мұратжанқызы, Ө.Л. Қасенов, М.Т. Мурсалыкова, Г.А. Кокаева, С.Д. Токаев ШЫРҒАНАҚ ШИКІЗАТЫНЫҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	254
F.G. Sagymbek, A.D Serikbaeva, T.B. Abdigaliyeva BIOSAFETY ASSESSMENT OF LACTOBACILLUS PARACASEI – 010K STRAIN.....	263
М.М. Какимов, С.Д. Токаев, М.Т. Мурсалыкова, Б.М. Искаков, Ө.М. Мусина АСТЫҚ ӨҢДЕУ ЖӘНЕ МАЙ ДАҚЫЛДАРЫН ҚАЙТА ӨҢДЕУДІҢ ЕКІНШІЛІК ШИКІЗАТТАРЫН ПАЙДАЛАНЫП МАҚСАРЫ МАЙЫН ТАЗАРТУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	269
М.К. Шаяхметова, А.Л. Касенов, Б.А. Лобасенко, Г.Б. Абдилова, Н.К. Ибрагимов ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ	278

ТЕХНИКАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ЖЫЛУЭНЕРГЕТИКАСЫ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

А.Р. Хажидинова, О.А. Степанова, М.В. Ермоленко, А.Б. Касымов, Т.Н. Умыржан ЖОБАЛАНБАҒАН КӨМІРДІ ЖАҒУ КЕЗІНДЕ ҚАЗАНДЫҚ КЕҢІСТІГІНІҢ ЖҰМЫСЫН ТАЛДАУ.....	289
A. Manulenko, S. Elistratov, M. Ermolenko ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE REFRIGERATION UNIT IN THE HEATING AND COOLING MODE.....	296
Ж.Б. Сагдолдина, М.В. Ермоленко, Д.Н. Нурғалиев, С.Д. Болатов, Б.А. Алибекова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИКО-ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ.....	303
Д.Н. Какимжанов, М.К. Даутбеков, Е.С. Турабеков, Р.М. Куанышбай, А.С. Рустемов ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАССТОЯНИИ ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ CR3C2-NICR.....	310
Ж.Б. Сагдолдина, Д.Р. Байжан ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЙ- ФОСФАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	319

Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, А.С. Мостовой, Р.О. Орынбасар, А.К. Жумабекова НАНОТОЛТЫРҒЫШТАРДЫ ФУНКЦИОНАЛДАУДЫҢ ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	326
M. Toktarbek, K.S. Sarahmet, G.Sh. Burasheva, B.K. Yeskaliyeva, Mehmet Ozturk OPTIMIZING THE EXTRACTION METHOD OF TANNINS FROM <i>ALHAGI KIRGISORUM</i> <i>SCHRENK</i> AND THEIR BIOACTIVITY.....	340
N. Maksut, B. Tatykayev, S. Tugelbay, A. Abilkhan, N. Khan COMPARATIVE STUDY OF PHOTOCATALYTIC HYDROGEN EVOLUTION ON G-C ₃ N ₄ DECORATED WITH NIS AND NIS ₂ CO-CATALYSTS VIA ION EXCHANGE PRECIPITATION METHOD.....	346
M. Maulet, Zh.B. Sagdoldina, A. Çoruh, A.B. Alibekova INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF DETONATION Ni-Cr-Al COATINGS.....	355
Ж.С. Касымова, Е.П. Евлампиева, А.Н. Кливенко, Р.А. Садыкова АГРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АГРОБИОЛАБОРАТОРИИ.....	360
Н.Н. Несипбаева, Е.А. Акказин, Е.К. Онгарбаев АУЫР МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН ЖОЛ БИТУМДАРЫНЫҢ САПАСЫН АРТТЫРУ.....	367
Б.Ш. Хасанходжаева, Г.Ф. Сагитова, А.С. Сидиков, С.А. Сакибаева ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОВРИКОВ.....	379
M. Maulet, M.N. Azlan, S. Bolatov, A.B. Alibekova DURABILITY AND CORROSION BEHAVIOR OF Ni-Cr-Al DETONATION COATINGS UNDER Na ₂ SO ₄ /NaCl EXPOSURE.....	389
АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ.....	395
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ.....	400
RULES FOR AUTHORS.....	405

Басуға жіберілген күні 27.12.2024 ж. Пішімі 60x84 1/8
Шартты баспа табағы 25,8
Таралымы 100 дана. Бағасы келісімді.

Техникалық редакторы: Е.П. Евлампиева, З.Т. Семейская
Безендіруші: С.Т. Мырзабеков

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