

Қ. ҚҰЛАЖАНОВ  
АТЫНДАҒЫ  
ҚАЗАҚ ТЕХНОЛОГИЯ  
ЖӘНЕ БИЗНЕС  
УНИВЕРСИТЕТІ

K. KULAZHANOV  
KAZAKH  
UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY  
AND BUSINESS

КАЗАХСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГИИ И  
БИЗНЕСА ИМЕНИ  
К. КУЛАЖАНОВА

**KAZ | UTB**  
ХАБАРШЫСЫ | ВЕСТНИК | VESTNIK

№ 4 (25) - 2024

**ҚазТБУ хабаршысы**

**Вестник КазУТБ**

**Vestnik KazUTB**



ISSN (Print) 2708 - 4132  
ISSN (Online) 2663 - 1830

---

ISSN (Print) 2708 - 4132  
ISSN (Online) 2663 - 1830

№ 4 (25) - 2024

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті  
Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov  
Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова

**ҚазТБУ ХАБАРШЫСЫ**  
**VESTNIK KazUTB**  
**ВЕСТНИК КазУТБ**

Жылына 4 рет шығады  
Published 4 times a year  
Выходит 4 раза в год

Астана - 2024  
Astana - 2024

---

**Бас редактор: С.Н.Байбеков**

техн. ғыл. докторы, профессор «ҚазТБҰ» АҚ Президент-ректоры

**Бас редактордың орынбасары: М.Ч.Төлтабаев**

техн. ғыл. докторы, профессор

**Редакция алқасы:**

**Құлажанов Қ.С.** х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

**Мансуров З.А.** х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

**Фазылов С.Д.** х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

**Құлажанов Т.К.** т.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

**Ізтаев А.И.** т.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан)

**Нұрахметов Б.К.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Шеров Т.К.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Mercade P.R.** философия докторы (PhD) (Испания)

**Жылысбаева Р.О.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Кәкімов А.К.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Узаков Я.М.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Додаев К.О.** т.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

**Кузнецов О.Л.** т.ғ.д., профессор (Ресей)

**Мыррин В.А.** т.ғ.д., профессор (Бразилия)

**Маткаримов Б.Т.** т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Мұхамедиев Б.М.** э.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Смағұлова Ш.А.** э.ғ.д., профессор (Қазақстан)

**Пешков В.** философия докторы (PhD), (Бельгия)

**Айбульдинов Е.К.** философия докторы (PhD), (Қазақстан)

**Искакова Ж.Б.** х.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

**Жауапты редактор, ф. - м. ғ. к. - М.К.Оспанова**

**Меншіктенуші:** «Қазақ технология және бизнес университеті» АҚ

ҚР Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 07. 02.2014 ж. № 14139-Ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

**Екінші тіркеу:** 11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

**Мерзімділігі:** жылына 4 рет.

**ISSN:** 2708-4132, **ISSN (Online):** 2663-1830

**Тақырыптық бағыт:** Ақпараттық-коммуникациялық және химиялық технология, Өңдеу және өңдеуші өнеркәсіптер (азық-түлік өнімдерінің технологиясы, тау-кен, мұнай-газ ісі), Экономика, бизнес және қызмет көрсету.

**Редакцияның мекенжайы:** 010000, Қазақстан, Астана қ., Қайым Мұхамедханов к-сі, 37 «А», тел.: +7(7172)72-58-12(134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz



---

**Главный редактор: С.Н.Байбеков**

д.т.н., профессор, Президент-ректор АО «КазУТБ»

**Заместитель главного редактора: М.Ч. Тултабаев**

д.т.н., профессор

**Редакционная коллегия:**

**Кулажанов К.С.** д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

**Мансуров З.А.** д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

**Фазылов С.Д.** д.х.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

**Кулажанов Т.К.** д.т.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

**Изтаев А.И.** д.т.н., профессор, академик НАН РК (Казахстан)

**Нурахметов Б.К.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Шеров Т.К.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Mercade P.R.** доктор философии (PhD) (Испания)

**Жилисбаева Р.О.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Какимов А.К.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Узаков Я.М.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Додаев К.О.** д.т.н., профессор (Узбекистан)

**Кузнецов О.Л.** д.т.н., профессор (Россия)

**Мымрин В.А.** д.т.н., профессор (Бразилия)

**Маткаримов Б.Т.** д.т.н., профессор (Казахстан)

**Мухамедиев Б.М.** д.э.н., профессор (Казахстан)

**Смагулова Ш.А.** д.э.н., профессор (Казахстан)

**Пешков В.** доктор философии (PhD), (Бельгия)

**Айбульдинов Е.К.** доктор философии (PhD), (Казахстан)

**Искакова Ж.Б.** к.х.н., асс. профессор (Казахстан)

**Ответственный редактор, к.ф.-м.н. - М.К.Оспанова**

**Собственник:** АО «Казахский университет технологии и бизнеса».

**Регистрация:** Министерство информации и коммуникаций Республики Казахстан. Комитет Информации.

**Дата и номер первичной постановки на учет:** № 14139-Ж от 07.02.2014.

**Вторичная постановка на учет:** 11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

**Периодичность:** Ежеквартально.

**ISSN:** 2708- 4132, **ISSN (Online):** 2663-1830.

**Тематическая направленность:** Информационно-коммуникационные и химические технологии, Производственные и обрабатывающие отрасли (технология продовольственных продуктов, горное дело, нефтегазовое дело, Экономика, бизнес и услуги).

**Адрес редакции:** 010000, г. Астана, Есильский район, ул.Кайыма Мухамедханова, 37 «А» тел.: (7172)72-58-12(134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz

© **Казахский университет технологии и бизнеса К.Кулажанова**

---



**Chief editor: S.N.Baybekov**

Doctor of Technical Sciences, Professor, «President-rector of JSC KazUTB»

**Deputy editor: M.Ch.Tultabaev**

Doctor of Technical Sciences, *Professor*

**Editorial board:**

**Kulazhanov K. S.** Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

**Mansurov Z. A.** Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

**Fazylov S.D.** Doctor of Chemistry Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

**Kulazhanov T.K.** Doctor of Technical Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

**Iztayev A.I.** Doctor of Technical Sciences, Academician NAS RK (Kazakhstan)

**Nurakhmetov B.K.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Sherov T.K.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Mercade P.R.** Doctor of Philosophy (PhD) (Spain)

**Zhilisbayeva R.O.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Kakimov A.K.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Uzakov Ya.M.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Dodayev K.O.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Uzbekistan)

**Kuznetsov O.L.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Mymrin V. A.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Brazil)

**Matkarimov B.T.** Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan)

**Mukhamediyev B.** Doctor of Economics, Professor (Kazakhstan)

**Smagulova A.S.** Doctor of Economics, Professor (Kazakhstan)

**Peshkov V.** Doctor of Philosophy (PhD) (Belgium)

**Aibuldinov Ye.K.** Doctor of Philosophy (PhD), (Kazakhstan)

**Iskakova J.B.** Candidate of Chemical Sciences, ass.Professor (Kazakhstan)

**Responsible editor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences -M.K.Ospanova**

**Owner:** JSC «Kazakh University of technology and business».

**Registration:** Ministry of information and communications of the Republic of Kazakhstan. Committee of Information.

**Date and number of initial registration:** 14139-Z from 07.02.2014.

**Secondary registration:** 11.02.2020- № KZ46VPY00020253.

**Frequency:** Quarterly.

**ISSN:** 2708- 4132, **ISSN (Online):** 2663-1830.

**Thematic direction:** Information and communication and chemical technologies, Manufacturing and manufacturing industries (food technology, mining, oil and gas business), Economy, business and services.

**Address of edition:** 010000, Astana city, Esil district, Kaiym Mukhamedkhanov Street, 37 «A», tel.: (7172)72-58-12 (134), e-mail: vestnik@kaztbu.kz

# МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

## *Информационно-коммуникационные и химические технологии*

<b>1</b>	<b><i>Информационно-коммуникационные технологии</i></b>	<b>1</b>
	Т.С. Шорманов, А.Т. Мазакова, М.С. Алиаскар, А.Д. Бурегулов, А.А. Саметова, Н.Т. Исимов, Ш.А. Джомартова, Т.Ж. Мазаков	
	<i>ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА</i> . . . . .	1
	A.Tulegulov, K. Akishev, D.Zhamangarin, N.Yurkov, L. Akisheva, S.A. Altynbek, N.S. Smakova	
	<i>EVALUATION OF THE USE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SOLVING TRAFFIC CONTROL PROBLEMS</i> . . . . .	8
	Т.Ж. Мазаков, Ш.А. Джомартова, А.Т. Мазакова, Г.Ч. Тойкенов, М.С. Алиаскар, У.Г. Тойкенова	
	<i>ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ КВАЗИЛИНЕАРИЗАЦИИ</i> . . . . .	16
	N.K. Mukazhanov, L.Sh. Cherikbayeva, A.M. Kassenkhan, Zh.M. Alibieva, M. Turdalyuly	
	<i>IDENTIFYING EFFECTIVE MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR SENTIMENTAL ANALYSIS OF COMMENTS IN THE KAZAKH LANGUAGE</i> . . . . .	24
	N.B Assymkhan, A. Kartbaev	
	<i>THERMAL COMFORT PREDICTION USING SVM AND RANDOM FOREST MODEL</i> . . . . .	36
	А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов	
	<i>МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СУТ БЕЗДЕРІНІҢ АУРУЛАРЫН ТИІМДІ ДИАГНОСТИКАЛАУ</i> . . . . .	50
	Т.С. Шорманов, А.Т. Мазакова, М.С. Алиаскар, Ш.А. Джомартова, Т.Ж. Мазаков	
	<i>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГОЛОСА С УЧЕТОМ КАЗАХСКОГО АКЦЕНТА</i> . . . . .	60
	A.Zhumabekova, O.Ussatova, M.Kalimoldayev, V.Karyukin, Y Begimbayeva	
	<i>THE STUDY OF MACHINE AND DEEP LEARNING MODELS FOR MALWARE CLASSIFICATION</i> . . . . .	69
	Н.Боранбаева, Б.Оразбаев, Л.Рзаева, Ж.Карабаев, Б.Серимбетов	
	<i>КАТАЛИТКАЛЫҚ КРЕКИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫНАН ӨНІМНІҢ ШЫҒУЫН PYTHON БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ОРТАСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ</i> . . . . .	84
	Д.К.Даркенбаев, Г.Ж.Жакшиликова, Н.О.Мекебаев	
	<i>БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ӘЗІРЛЕУ</i> . . . . .	97
	V. Ramazanova, M. Sambetbayeva, A. Tokhmetov, Zh. Lamasheva, S. Serikbayeva	
	<i>APPLICATION OF AGGLOMERATIVE CLUSTERING FOR FORMING SKILL COMMUNITIES OF JOB VACANCIES</i> . . . . .	107
<b>2</b>	<b><i>Химическая технология</i></b>	<b>119</b>
	М.А. Джетимов, Л.К. Ыбрайманова, Н.А. Бектенов, Э.А. Камбарова, С.А. Маманова	
	<i>ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ</i> . . . . .	119
	А.О. Сапиева, М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.С. Зейнульдина, А.М. Габбасова, Ш.А. Мадиева, С.Б. Дюсекеева	
	<i>ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ И АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЕЙ IN VITRO ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА</i> . . . . .	130

Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, А.Е. Законова, К.Р. Максот <i>ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА С УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ</i> . . . . .	140
Б.М. Жақып, Қ.Б. Мусабеков, А.Е. Нурмаханова <i>ПОЛИСАХАРИД ПЕН МОНТМОРИЛЛОНИТ БИОНАНОКОМПОЗИТТЕРІНЕ КҮМІС НАН- ОБӨЛШЕКТЕРІН ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАУ</i> . . . . .	150
Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, А.С. Мостовой, А.К. Жұмабекова, Г.Д. Серікбаева <i>ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ФУНКЦИОНАЛ- ДЫРЫЛҒАН НАНОТОЛТЫРҒЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ</i> . . . . .	161
К.В. Vernigorov, S.V. Nechipurenko, В.В. Yermukhambetova, V.V. Bushkov, G.S. Irmukhametova, A.Zh. Alikulov, O.V. Stoyanov, Y.M. Kazakov, S.A. Efremov <i>INFLUENCE OF CARBONISED RICE HUSK FILLER ON CHANGES IN DEFORMATION AND STRENGTH PROPERTIES OF POLYETHYLENE DURING THERMAL AGEING</i> . . . . .	178
Н.У. Нургалиев, Ж.Б. Искакова, А. Колпек, Е.К. Айбульдинов, А.С. Сабитов, Э.Е. Копишев, Т.Т. Машан, Л.А. Кусепова, Г.Ж. Алжанова, Г.Г. Абдиюсупов, М.Т. Өмірзақ <i>СОВМЕСТНЫЙ ПИРОЛИЗ УГЛЯ И ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ</i> . . . . .	186
Қ.А. Куртибай, Ә. Қаппасұлы, Е.Е. Жатқанбаев, Ж.К. Жатқанбаева, М.Б. Султанкул, Н.Б. Молдагулова, А.Ә. Үсенова, Г.А. Данлыбаева <i>ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ОСМОСА</i> . . . . .	196

### *Производственные и обрабатывающие отрасли*

<b>3 Пищевая технология</b>	<b>214</b>
М.Б. Абилова, А.М. Омаралиева, Л.А. Козубаева, Ш.К. Байшугулова <i>ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ЗАВАРНОГО ПОЛУФАБ- РИКАТА</i> . . . . .	214
N. Alzhaxina, I. Aubakirova <i>OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF VEGETABLE MILK WITH THE ADDITION OF LEGUMES ON THE EXAMPLE OF MUNG BEAN</i> . . . . .	223
T. Tultabayeva, K. Makangali, G. Tokysheva, A. Shoman, D. Aiken <i>POTENTIAL OF CHICKEN PROCESSING BY-PRODUCTS IN COLLAGEN PROTEIN HYDROLYSATE PRODUCTION BASED ON DISTAL LIMBS AND STOMACHS</i> . . . . .	229
М.Т. Агедилова, А.М. Омаралиева, Ж.Т. Ботбаева, М.Б. Абилова <i>НОҚАТ ҰНЫНЫҢ ЖӘНЕ ОДАН ДАЙЫНДАЛЫНҒАН ГЛЮТЕНСІЗ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМ- НІҢ МАЙ ҚЫШҚЫЛДЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ</i> . . . . .	237
<b>4 Горное и нефтегазовое дело</b>	<b>250</b>
Г. Аскарлова, Б. Бектур, М.Шаутенов, А. Бегалинов <i>АЛТЫНҚҰРАМДЫ КЕНДЕРДІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ- ФЛОТАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТУ ТЕХНО- ЛОГИЯСЫ</i> . . . . .	250
И.Н.Савич, Д.К. Бекбергенов, А.А.Зейнуллин, Р.К.Жанакова, А.С.Сейтенов, Д.Д.Мейрам <i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ ОСТАВЛЕННЫХ В ЗОНАХ ОБРУШЕНИЯ С МУЛЬДОЙ СДВИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «АННЕНСКАЯ» ВЖР</i> . . . . .	262
Б.М. Нұранбаева <i>МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫН КЕШЕНДІ ИГЕРУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ</i> . . . . .	277



С.С.Сейтжанов, Н.С.Сүлейменов, П.А.Танжариков, М.Ж.Досжанов, Ғ.Ж.Тасболат <i>КЕН ОРНЫНЫҢ САРҚЫЛУЫ ЖАҒДАЙЫНДА МҰНАЙ ҰҢҒЫМАСЫНЫҢ КӨЛДЕНЕҢ УЧАСКЕСІНІҢ АҒЫМДАҒЫ ҰЗЫНДЫҒЫН АНЫҚТАУ ӘДІСІ</i> . . . . .	288
К.Т.Охапова, Ж.К.Шуханова, В.П.Бондаренко, Г.Ф.Сагитова <i>ЖАНУАРЛАР МАЙЛАРЫНЫҢ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ҚАСИЕТТЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТ- ТЕУ</i> . . . . .	297
А.Ә. Қазбек, Д.К. Ахметканов, Е.Х. Абен, С.С. Мырзахметов <i>ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДРОБЛЕНИЯ РУДЫ ПРИ СКВАЖИННОЙ ОТБОЙКЕ С ИСПОЛЬ- ЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MICROFINE МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖОЛЫМБЕТ</i> . . . . .	305
С.М. Ерменов, Г.М.Эфендиев, А.С.Садырбаева, М.К. Жантасов, С.Е. Байботаева <i>КҮРДЕЛІ ЖАҒДАЙЛАРДА ҰҢҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ҚАЛДЫҚТАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІ</i> . . . . .	314

*Экономика, бизнес и услуги*

<b>5 Экономика, бизнес и услуги</b>	<b>327</b>
Х.Батцэнгэл, С.Б. Касымова, К.С. Мустафаев <i>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӨНІРЛЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫН ӘЛЕУМЕТТІК – ЭКО- НОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ</i> . . . . .	327
А.К.Ибраева, Д.М. Акишева, М.С. Искакова <i>ӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНДІ БАСҚАРУДА ЖОСПАРЛАУ МЕН БОЛЖАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫ- РУДЫ ЖЕТІЛДІРУ</i> . . . . .	342
А.Ф. Цеховой, Н.А. Некрасова, А.С. Жолтаева, Ж.Ж.Султанбекова, А.Ж. Турегельдинова <i>AGILE-ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СОБЫТИЯМИ НЕДЕЛИ: ВВЕДЕНИЕ И ПРАКТИКА ИС- ПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ АУСН</i> . . . . .	349
М.Д. Сайымова, Ғ.А. Мауина, А.С. Байдалинова, Г.М. Сағындықова <i>ҚАЗАҚСТАН ЖАСТАРЫНЫҢ КӘСІПКЕРЛІК ОЙЛАУ ҚАБІЛЕТІН ДАМУЫҒА ЫҚПАЛ ЕТЕТІН ЖӘНЕ КЕДЕРГІ КЕЛТІРЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ</i> . . . . .	361
А.М. Курманов, А.Б. Бекмагамбетов, И.Е. Сарыбаева, А.Р. Енсебаева, А.Н. Омаркожаева <i>РОЛЬ ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНОГО ПОДХОДА В МОДЕРНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ ГАРАН- ТИЙ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ</i> . . . . .	377
Т.Б.Мукушев, Б.А. Жуматаева, Б.С. Сапарова, М.А. Алтынбеков, К.Д. Кожабергенова <i>КӘСПОРЫНДАРДАҒЫ БАСҚАРУ ЕСЕБІ МЕН БАҚЫЛАУ ӘДІСТЕМЕСІН ДАМУЫ</i> . . . . .	390
А.М. Kurmanov, A.B. Bekmagambetov, A.Ye. Sabidullina, L.I. Yedilbayeva <i>MEDICAL REHABILITATION PROGRAMS IN INSURANCE CASE STUDY AND NEW REALITIES</i> . . . . .	400
S. Saginova, D. Saparova, V. Stukach <i>CURRENT STATE OF AGRICULTURAL BUSINESSES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THEIR DEVELOPMENT TRENDS IN MODERN CONDITIONS</i> . . . . .	414
А.Сабыржан, Г.К.Абдраманова, А.Т.Тлеубаева, М.С.Сиеубаева <i>ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТУРИСТІК СЕКТОРЫНДАҒЫ КӘСІПКЕРЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ ҚОЛДАУ</i>	426
G.S.Tussibayeva, G.M.Sagindykova, A.E.Shakharova, U.B.Yussupov <i>SPECTRAL ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE AUDIT SERVICES MARKET</i> . . . . .	437

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

<sup>1,2</sup> Т.С. Шорманов, <sup>2</sup> А.Т. Мазакова, <sup>1</sup> М.С. Алиаскар, <sup>2</sup> А.Д. Бурегулов, <sup>2</sup> А.А. Саметова,  
<sup>1</sup> Н.Т. Исимов, <sup>2</sup> Ш.А. Джомартова, <sup>1,2</sup> Т.Ж. Мазаков

<sup>1</sup> Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup> Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

✉ Корреспондент-автор: tmazakov@mail.ru

Дактилоскопическая идентификация основывается на уникальности кожных рисунков на пальцах рук, которые формируются в процессе эмбрионального развития и не меняются на протяжении жизни человека. Каждый отпечаток пальца имеет свои особенности, включая линии, завитки, поры, выступы и другие микроскопические характеристики.

Современные программно-аппаратные комплексы дактилоскопической идентификации человека обеспечивают высокую точность и скорость обработки отпечатков пальцев, что делает их востребованными в различных сферах, таких как правоохранительные органы, система безопасности, а также в биометрических системах доступа.

В работе рассматривается разработка системы дактилоскопической идентификации, объединяющей программное обеспечение и аппаратные компоненты. Предложенная система, основанная на использовании микроконтроллера Arduino и сканера отпечатков пальцев FPM10A, предназначена для выполнения операций по хранению, обработке, идентификации и визуализации данных отпечатков пальцев. Для идентификации личности были выбраны особенности структуры папиллярных линий на пальцах рук.

Экспериментальные исследования подтвердили устойчивость разработанной системы к изменениям масштаба, поворотам изображений и небольшим искажениям.

**Ключевые слова:** биометрические технологии, дактилоскопическая идентификация, программно-аппаратные системы, микроконтроллер.

## АДАМДЫ САУАҚ ІЗІМЕН АНЫҚТАУ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-АППАРАТТЫҚ КЕШЕН

<sup>1,2</sup> Т.С. Шорманов, <sup>2</sup> Ә.Т. Мазақова, <sup>1</sup> М.С. Әлиасқар, <sup>2</sup> А.Д. Бурегулов, <sup>2</sup> А.А. Саметова,  
<sup>1</sup> Н.Т. Исимов, <sup>2</sup> Ш.А. Джомартова, <sup>1,2</sup> Т.Ж. Мазақов

<sup>1</sup> Халықаралық инженерлік және технология университеті,

<sup>2</sup> Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail:tmazakov@mail.ru

Саусақ ізін анықтау эмбриональды даму кезінде қалыптасатын және адамның өмір бойы өзгермейтін саусақтардағы тері үлгілерінің бірегейлігіне негізделген. Әрбір саусақ ізінің өзіндік сипаттамалары бар, соның ішінде сызықтар, бұйралар, тесіктер, жоталар және басқа микроскопиялық сипаттамалар.

Адамның саусақ ізін сәйкестендіруге арналған заманауи бағдарламалық-аппараттық жүйелер саусақ іздерін өңдеудің жоғары дәлдігі мен жылдамдығын қамтамасыз етеді, бұл оларды құқық қорғау органдары, қауіпсіздік жүйелері сияқты әртүрлі салаларда, сондай-ақ биометриялық қол жеткізу жүйелерінде сұранысқа ие етеді.

Жұмыста бағдарламалық және аппараттық құрамдас бөліктерді біріктіретін саусақ ізін сәйкестендіру жүйесінің дамуы талқыланады. Arduino микроконтроллерін және FPM10A саусақ ізі сканерін пайдалануға негізделген ұсынылған жүйе саусақ ізі деректерін сақтау, өңдеу, анықтау және визуализациялау операцияларын орындауға арналған. Жеке тұлғаны анықтау үшін саусақтардағы папиллярлық сызықтардың құрылымының ерекшеліктері таңдалды. Эксперименттік зерттеулер әзірленген

жүйенің масштабтағы өзгерістерге, кескіннің айналуына және шамалы бұрмалануына тұрақтылығын растады.

**Түйін сөздер:** биометриялық технологиялар, саусақ іздерін сәйкестендіру, бағдарламалық-аппараттық жүйелер, микроконтроллер.

## HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR HUMAN DACTYLOSCOPIC IDENTIFICATION

<sup>1,2</sup> T.S. Shormanov, <sup>2</sup>A.T. Mazakova, <sup>1</sup>M.S. Aliaskar, <sup>2</sup>A.D.Burgegulov, <sup>2</sup>A.A. Sametova,

<sup>1</sup>N.T. Isimov, <sup>2</sup>Sh.A. Jomartova, <sup>1,2</sup>T.Zh. Mazakov

<sup>1</sup> International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup> Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail:tmazakov@mail.ru

Fingerprint identification is based on the uniqueness of skin patterns on the fingers, which are formed during embryonic development and do not change throughout a person's life. Each fingerprint has its own characteristics, including lines, curls, pores, protrusions and other microscopic characteristics.

Modern software and hardware systems for fingerprint identification of a person provide high accuracy and speed of fingerprint processing, which makes them in demand in various areas, such as law enforcement agencies, security systems, as well as in biometric access systems.

The paper considers the development of a fingerprint identification system that combines software and hardware components. The proposed system, based on the Arduino microcontroller and the FPM10A fingerprint scanner, is designed to perform operations on storing, processing, identifying and visualizing fingerprint data. The features of the structure of the papillary lines on the fingers were selected for personal identification. Experimental studies confirmed the stability of the developed system to changes in scale, image rotation and minor distortions.

**Keywords:** biometric technologies, fingerprint identification, hardware and software systems, microcontroller.

**Введение.** Современные методы защиты информации и объектов требуют высокой степени надежности, которая зависит от специфики и уровня безопасности, необходимого в конкретной ситуации. Одним из наиболее эффективных решений являются биометрические системы, в частности технологии идентификации личности по отпечаткам пальцев. Эти системы получили широкое распространение благодаря своей адаптивности, высокой точности и удобству использования. Применение биометрических технологий, таких как сканирование отпечатков пальцев, не только усиливает уровень защиты, но и устраняет необходимость в традиционных средствах доступа, таких как ключи или карты, заменяя их уникальным, неизменным биометрическим признаком [1].

Дактилоскопические системы функционируют на основе сравнения полученных отпечатков с

храняемыми в базе данных. Методика сопоставления определяется областью применения технологии. Уникальность отпечатков пальцев обусловлена анатомическими особенностями строения кожного рисунка, который формируется под влиянием генетических и экологических факторов [2].

Идентификационные признаки папиллярных узоров делятся на глобальные и локальные. Глобальные признаки (например, тип узора, направление линий) видимы невооруженным глазом, в то время как локальные признаки, или миныции (раздвоения, разрывы и окончания линий), требуют специального анализа. Методы, основанные на локальных признаках, обладают большей надежностью и детализированностью, что делает их предпочтительными для биометрической идентификации. Однако, такие факторы, как давление при сканировании, влажность кожи и



возрастные изменения, могут влиять на качество изображения отпечатков, что требует использования устойчивых к искажениям алгоритмов [3].

**Материалы и методы.** Программно-аппаратные комплексы для идентификации по отпечаткам пальцев состоят из нескольких ключевых элементов, которые взаимодействуют друг с другом для реализации технологии.

*Аппаратные компоненты включают:*

1) Сканеры отпечатков пальцев:

- Оптические сканеры: используют светодиоды (LED) для подсветки пальца и камеры для захвата изображения. Это один из наиболее популярных типов, однако он может быть подвержен загрязнению и повреждениям.
- Полимерные (сенсорные) сканеры: используют электрическое поле для захвата изображения. Они обеспечивают более высокую точность и защищенность от грязи, а также могут быть более компактными.
- Ультразвуковые сканеры: передают ультразвуковые волны на поверхность пальца, анализируя отраженные сигналы для создания детализированного изображения. Эти сканеры обеспечивают высокую точность, могут работать с влажными и поврежденными пальцами.
- Термические сканеры: регистрируют тепловое излучение поверхности пальца и могут быть использованы в условиях низкой видимости или при загрязненных сканерах.

1) Процессоры и устройства обработки: Обработка данных с сенсора требует быстрого и мощного оборудования для извлечения, анализа и сравнения отпечатков пальцев в реальном времени. Это может быть либо специализированное аппаратное обеспечение, либо вычислительные мощности встроенных процессоров.

Программные компоненты состоят из: 1) Модуля захвата изображений: Программное обеспечение, отвечающее за захват и обработку изображений отпечатков пальцев с сенсора. Этот модуль включает в себя алгоритмы для нормализации изображений, улучшения их качества (например, удаление шумов, повышение контраста) и подготовки их для дальнейшего анализа.

2) Модуля извлечения признаков: На основе изображения отпечатка пальца извлекаются ключевые биометрические признаки, такие как:

3) Модуля сопоставления: Алгоритмы сравнивают текущий отпечаток с базой данных зарегистрированных отпечатков. В случае совпадения система может подтвердить идентичность, и пользователь получит доступ. Обычно используются методы, основанные на анализе статистических признаков или методах машинного обучения для повышения точности и устойчивости к ошибкам.

4) Модуля идентификации: Этот компонент проверяет, соответствует ли результат сопоставления зарегистрированным данным пользователя и принимает решение о подтверждении или отклонении идентификации [4-5].

**Обсуждение и результаты.** Традиционные методы контроля доступа, такие как использование паролей или ключей, часто неудобны и подвержены риску утраты [6].

В ходе данной работы разработана биометрическая система идентификации, основанная на использовании сканера отпечатков пальцев и микроконтроллера Arduino. Применение библиотеки Adafruit для Arduino позволило интегрировать аппаратные и программные компоненты, обеспечив точное распознавание и идентификацию.

На рисунке 1 представлена фотография разработанного программно-аппаратного комплекса системы: 1) сканер FPM10A, 2) микроконтроллер Arduino, 3) средство визуализации результата распознавания, 4) внешний аккумулятор (Power Bank), 5) мульти-разветвитель USB.

Программно-аппаратный комплекс состоит из нескольких ключевых компонентов:

*1) аппаратная часть:*

- оптический сканер FPM10A, способный сохранять до 1000 отпечатков пальцев;
- микроконтроллер Arduino, обеспечивающий обработку данных в реальном времени.

*2) программная часть:*

- библиотека Adafruit\_Fingerprint, позволяющая

выполнять все этапы обработки отпечатков;

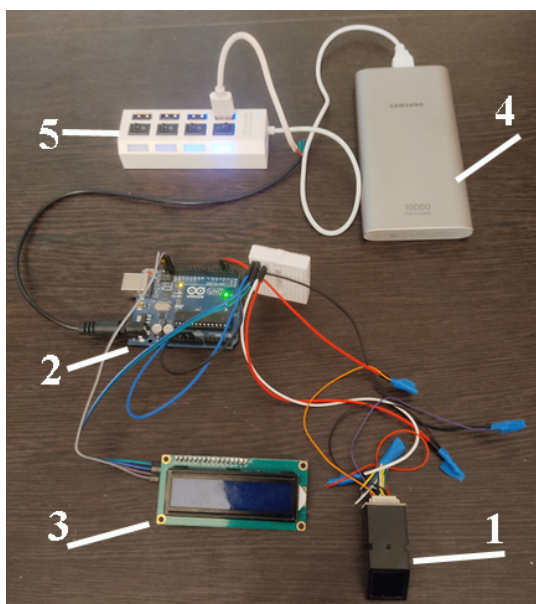
- модули для извлечения ключевых точек и анализа биометрических данных.

3) система электрообеспечения:

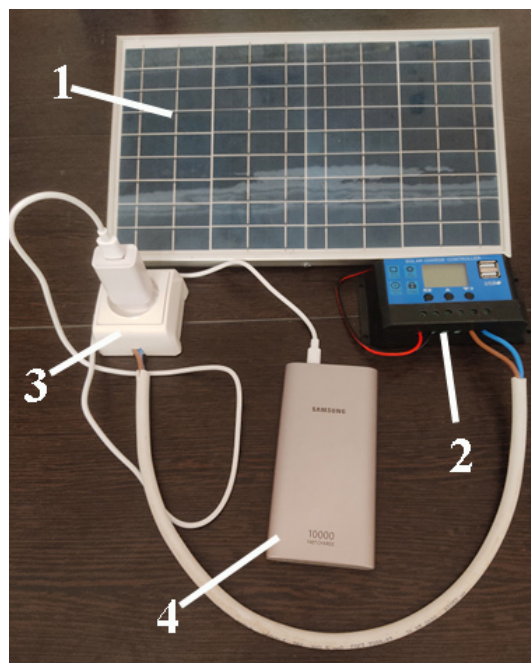
- внешний аккумулятор Power Bank емкостью 10 000 мА, обеспечивающий бесперебойную

работу комплекса;

- мульти-разветвитель USB, позволяющий снизить энергетическую нагрузку на микроконтроллер;
- солнечная панель с контроллером заряда, обеспечивающие зарядку внешнего аккумулятора.



**Рис.1 - Программно-аппаратный комплекс идентификации личности по отпечаткам пальцев**



**Рис.2 - Схема электрического обеспечения: 1- солнечная панель, 2) контроллер заряда, 3) розетка для заряда внешнего аккумулятора, 4) внешний аккумулятор**

Сенсор использует алгоритмы, позволяющие хранить, обрабатывать и сопоставлять отпечатки пальцев. Для этого применяется библиотека Adafruit\_Fingerprint, которая включает функции:

- Захвата изображения.
- Извлечения ключевых признаков (локальных точек).
- Сравнения текущего отпечатка с сохранёнными образцами.

Программные инструменты позволяют записывать новые отпечатки, присваивая каждому уникальный ID (который сохраняется в памяти сенсора для дальнейшего сравнения), и проверять работу системы через окно серийного монитора Arduino.

Запись новых отпечатков через программу для Windows

Для записи новых данных в память оптического датчика отпечатков пальцев рекомендуется использовать специализированную программу для Windows.

На рисунке 3 продемонстрирована работа программно-аппаратного комплекса по идентификации личности по отпечаткам пальцев.

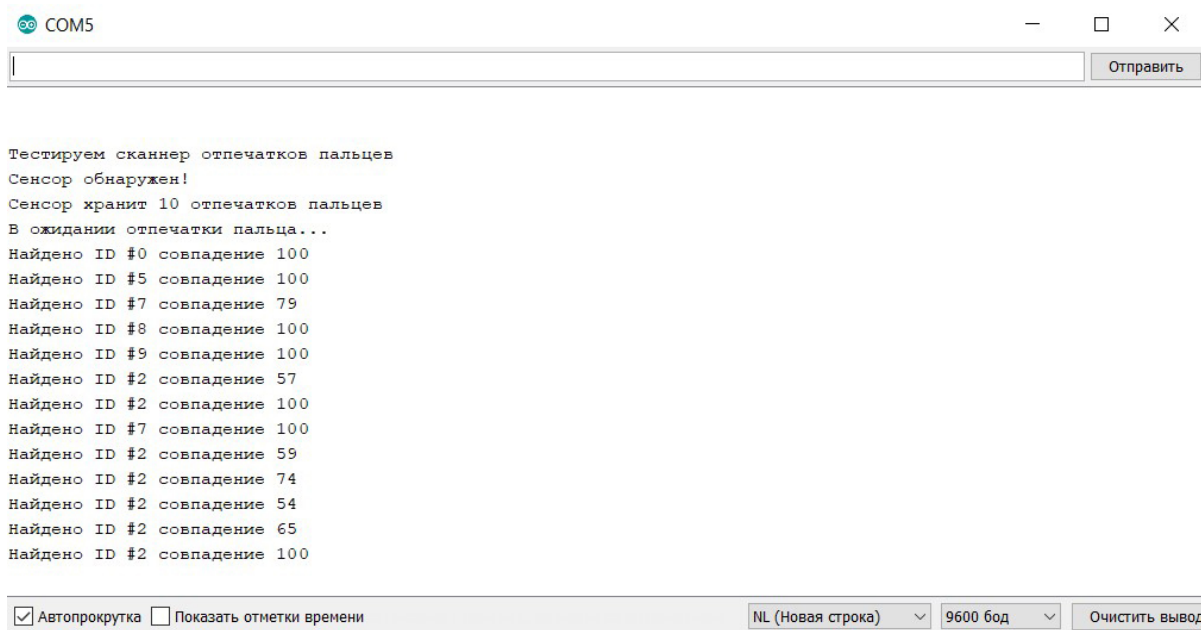
Внешний аккумулятор Samsung EB-P1100C емкостью 10000 мАч позволяет работать программно-аппаратному комплексу больше 48 часов (двое суток), что подтверждается дальнейшими расчетами.

Расчет времени работы Arduino Uno от внеш-

него аккумулятора Power Bank на 10000 мАч, необходимо учитывать несколько факторов:

Arduino Uno обычно потребляет от 30 до 50 мА при обычной работе (без дополнительных

устройств). При использовании дополнительных модулей, датчиков или экранов потребление может увеличиться, но для базового расчета возьмем среднее значение 50 мА.



**Рис.3 - Результаты работы программно-аппаратного комплекса**

Power Bank на 10000 мАч, как правило, имеет выходное напряжение 5 В (при использовании USB-выхода), и его реальная емкость может быть немного меньше из-за потерь при преобразовании напряжения. Обычно можно рассчитывать на эффективность около 85%. Поэтому примем что эффективная емкость Power Bank будет примерно 8500 мАч

Время работы рассчитывается по формуле:

Время=Емкость / Потребление=8500 мАч / 50 мА=170 часов.

Учитывая, что Arduino подключает дополнительные устройства (датчики, экраны и т.д.) потребление энергии может увеличиться втрое. Поэтому мы берем за гарантийное время - 48 часов.

**Выводы.** В рамках данной работы получены следующие результаты:

Проведен анализ методов биометрической идентификации, включающих использование

сканеров отпечатков пальцев и алгоритмов сопоставления.

Разработан программно-аппаратный комплекс на основе микроконтроллера и оптического сканера, обеспечивающий хранение, обработку и идентификацию отпечатков пальцев. Основой идентификации послужила структура папиллярных узоров.

Экспериментальные исследования продемонстрировали, что разработанная система обеспечивает:

- 1) Устойчивость к изменениям масштаба и поворотам изображения.
- 2) Инвариантность к незначительным искажениям и изменению уровня освещения до 50–70%.
- 3) Надежное распознавание даже при использовании частичных отпечатков пальцев.

Преимущества применения дактилоскопической информации:

- 1) Высокая точность: Отпечатки пальцев име-



ют уникальные биометрические признаки, которые остаются неизменными на протяжении всей жизни человека, что делает их надежным средством для идентификации.

2) Удобство использования: Сканирование отпечатков пальцев требует всего лишь прикосновения к сенсору, что делает процесс аутентификации быстрым и удобным.

3) Высокий уровень безопасности: Трудно подделать отпечатки пальцев, что делает этот метод биометрической идентификации более безопас-

ным по сравнению с паролями или PIN-кодами.

Особую перспективу представляет разработка алгоритмов для поиска по неполным отпечаткам пальцев, что особенно важно в реальных условиях, когда доступна лишь часть изображения для идентификации.

**Финансирование.** Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023–2025 годы по проекту AP19678157.

## Литература

1. Болл Р.М., Коннел Дж.Х., Панканти Ш. и др. Руководство по биометрии. – Москва: Техносфера, 2007.-368 с. ISBN: 978-5-94836-109-3. URL: <https://www.technosfera.ru/lib/book/187>
2. Мазур Е.С. Дерматоглифика в исследованиях личности криминалистический и судебно-медицинский аспекты. – Томск: Изд. дом ТГУ, 2014, - 150с. ISBN: 978-5-94621-450-6. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/380802/reading>
3. Лепихова Д.Н., Гудков В.Ю., Кирсанова А.А. Обзор современных моделей представления дактилоскопических изображений // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика.- 2018.-Т.7(1)- с.40-59. DOI 10.14529/cmse180104.
4. Гридчин А.В. Микродатчики и микросистемы. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. -184 с. ISBN 978-5-9729-1220-9. URL: <https://www.iprbookshop.ru/133049.html>
5. Апейников А.Ф., Гридчин В.А., Цапенко М.П. Датчики (перспективные направления развития). – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001.-176. ISBN 5-7782-0300-4
6. Бриллиант К. Цифровая модель человека. – М.: Кудиц-образ, 2004.- 400 с. ISBN 5-7782-0300-4

## References

1. Boll R.M., Konnel Dzh.H., Pankanti Sh. i dr. Rukovodstvo po biometrii. – Moskva: Tehnosfera, 2007.-368 s. ISBN: 978-5-94836-109-3. URL: <https://www.technosfera.ru/lib/book/187>. [in Russian]
2. Mazur E.S. Dermatoglifika v issledovaniyah lichnosti kriminalisticheskij i sudebno-medicinskij aspekty. - Tomsk: Izd. dom TGU, 2014, - 150s. ISBN: 978-5-94621-450-6. URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/380802/reading/> [in Russian]
3. Lepihova D.N., Gudkov V.Ju., Kirsanova A.A. Obzor sovremennyh modelej predstavlenija daktiloskopi-cheskikh izobrazhenij // Vestnik JuUrGU. Serija: Vychislitel' naja matematika i informatika.- 2018.-Т.7(1)-s.40-59. DOI 10.14529/cmse180104. [in Russian]
4. Gridchin A.V. Mikrodatchiki i mikrosistemy. – Moskva, Vologda: Infra-Inzhenerija, 2023. -184 s. ISBN 978-5-9729-1220-9. URL: <https://www.iprbookshop.ru/133049.html>.
5. Apejnikov A.F., Gridchin V.A., Capenko M.P. Datchiki (perspektivnye napravlenija razvitiya). -Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2001.-176. ISBN 5-7782-0300-4. [in Russian]
6. Brilliant K. Cifrovaja model' cheloveka. – M.: Kudic-obraz, 2004.- 400 s. ISBN 5-7782-0300-4. [in Russian]

## *Сведения об авторах*

Т.С. Шорманов – докторант КазНУ имени аль-Фараби, старший преподаватель МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: shormanov@gmail.com;

А.Т. Мазакова – докторант КазНУ им.аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru;

М.С. Элиаскар – старший преподаватель МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

А.Д. Бурегулов – докторант КазНУ им.аль-Фараби, e-mail: dizel\_kz@bk.ru;

Саметова А.А. – докторант КазНУ им.аль-Фараби, e-mail: sametova\_aygerim@mail.ru;

Н.Т. Исимов - заведующий кафедрой МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: int\_nurdaulet@mail.ru;

Ш.А. Джомартова - доктор технических наук, доцент, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Т.Ж. Мазак – доктор физико-математических наук, профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: tmazakov@mail.ru.

## *Information about the authors*

Shormanov T.S. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Lecturer at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: shormanov@gmail.com;

Mazakova A.T. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Aliaskar M.S. - Lecturer at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Burgegulov A.D. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: dizel\_kz@bk.ru;

Sametova A.A. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sametova\_aygerim@mail.ru;

Issimov N.T. - Head of Department at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: int\_nurdaulet@mail.ru;

Jomartova Sh.A. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Mazakov T.Zh. – Doctor of Physical and mathematical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru

## EVALUATION OF THE USE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SOLVING TRAFFIC CONTROL PROBLEMS

<sup>1</sup>A.Tulegulov , <sup>1</sup>K. Akishev, <sup>1</sup>D.Zhamangarin, <sup>2</sup>N.Yurkov, <sup>3</sup>L. Akisheva, <sup>1</sup>S.A. Altynbek, <sup>1</sup>N.S. Smakova

<sup>1</sup>K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Penza State University, Penza, Russia,

<sup>3</sup>Nazarbayev Intellectual School, Astana, Kazakhstan,

 Correspondent-author: tad62@ya.ru

One of the most pressing problems of megacities is traffic jams. With the growth of the urban population, there are more and more of them. Given the fact that there is no metro in Astana, the number of vehicles is growing quite quickly and urban public transport is also replenished with new buses every year. Attempts to introduce bus lanes partially eliminate the problem for public transport, but at the same time creates problems for private individual transport.

Theoretically, there are various solutions to the problem of congestion on urban highways, but in practice we face a number of additional problems. Attempts to create intelligent systems for regulating urban transport do not yield tangible results due to a chaotic approach to the main problem.

Transport system management is a set of various measures aimed at the effective functioning of this system through coordination, organization, and ordering of the elements of this system, both among themselves and with the external environment. The Intelligent Transport System (ITS) is a management system that implements innovative developments for managing traffic flows. As a result of using such systems, we get the so-called "smart roads". The article examines one of the components of ITS – the smart traffic light system.

**Keywords:** algorithms, information systems, traffic jams, integrated systems, information modeling, program code.

## ЖОЛ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАҚЫЛАУ МІНДЕТТЕРІН ШЕШУ ҮШІН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫ БАҒАЛАУ

<sup>1</sup>А.Д. Тулегулов , <sup>1</sup>К.М. Акишев, <sup>1</sup>Д.С. Жамангарин, <sup>2</sup>Н.К. Юрков, <sup>3</sup>Л.К. Акишева,

<sup>1</sup>С. А.Алтынбек, <sup>1</sup>Н.С. Смакова

<sup>1</sup>Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>Пенза мемлекеттік университеті, Пена, Ресей,

<sup>3</sup>Назарбаев Зияткерлік мектебі, Астана, Қазақстан,

e-mail: tad62@ya.ru

Мегаполистердің ең ауыр проблемаларының бірі-көлік кептелісі. Қала халқының өсуімен олардың саны артып келеді. Астанада метро жоқ екенін ескерсек, автокөлік саны тез өсуде және қалалық қоғамдық көлік жыл сайын жаңа автобустармен толықтырылып отырады. Автобус жолақтарын енгізу әрекеттері қоғамдық көлік мәселесін ішінара жеңілдетеді, бірақ сонымен бірге жеке жеке көлікке қиындық тудырады.


Теориялық тұрғыдан қалалық магистральдардың кептелісі мәселесін шешудің әртүрлі нұсқалары бар, бірақ іс жүзінде біз бірқатар қосымша мәселелерге тап боламыз. Қалалық көлікті реттеудің интеллектуалды жүйелерін құру әрекеттері негізгі проблемаларға хаотикалық көзқарасқа байланысты айтарлықтай нәтиже бермейді.

One of the problems is that congestion and situations are created at the main intersections of roads when flows of cars from one direction do not have time to complete the maneuver when turning and do not allow cars to move from the other direction accordingly. Attempts to create prohibited "islands" have not yielded

any special results, since they do not allow automating the operation of traffic lights in terms of setting the glow time of the warning yellow color. There have even been illegal attempts to impose fines for driving through yellow traffic lights. The purpose of this article is to evaluate the use of automated control systems to solve traffic control problems.

**Түйін сөздер:** алгоритмдер, ақпараттық жүйелер, көлік кептелісі, интеграцияланған жүйелер, ақпараттық модельдеу, бағдарлама коды.

## ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

<sup>1</sup>А.Д. Тулегулов , <sup>1</sup>К.М. Акишев, <sup>1</sup>Д.С. Жамангарин, <sup>2</sup>Н.К. Юрков, <sup>3</sup>Л.К. Акишева, <sup>1</sup>С.А.Алтынбек, <sup>1</sup>Н.С.Смакова

<sup>1</sup>Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>3</sup>Назарбаев интеллектуальная школа, Астана, Казахстан,  
e-mail: tad62@ya.ru

Одной из наиболее наболевших проблем мегаполисов являются автомобильные пробки. С ростом городского населения их становится все больше и больше. Учитывая тот факт, что в Астане отсутствует метро количество автотранспорта растет довольно быстро и городской общественный транспорт также ежегодно пополняется новыми автобусами. Попытки введения автобусных полос частично снимают проблему для общественного транспорта, но в то же время создает проблем для частного индивидуального транспорта.

Теоретически существуют различные варианты решения проблемы загруженности городских магистралей, но на практике мы сталкиваемся с рядом дополнительных проблем. Попытки создать интеллектуальные системы регулирования городского транспорта не дают ощутимых результатов по причине хаотичного подхода к основной проблем.

Одной из проблем является то, что на основных перекрестках дорог создаются заторы и ситуации, когда потоки автомашин с одного из направлений при повороте не успевают завершить маневр и не позволяют соответственно двигаться автомашинам с другого направления. Попытки создавать запрещенные «островки» не дали особых результатов, так как не позволяют автоматизировать работу светофоров с точки зрения установки времени свечения предупреждающего желтого цвета. Даже были незаконные попытки введения штрафов за проезд на желтый свет светофора. В данной статье поставлена цель сделать оценку использования автоматизированных систем управления для решения задач контроля дорожного движения.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы управления, алгоритмы, информационные системы, транспортные пробки, интегрированные системы, информационное моделирование, код программы.

**Introduction.** Traffic in conditions of congestion of roads with traffic and pedestrian flows requires innovative ways of regulation. Automated traffic management systems, which are a complex of technical means implementing certain technological algorithms for traffic flow management, have recently become increasingly relevant. The algorithm assumes the implementation of the principle of decomposition of decision-making, which can be considered generally accepted for network adaptive management methods. The decomposition of management is based on the division of the area into mutually overlapping zones. The center of each zone is an adjustable intersection, and the zone itself covers all intersections adjacent to the central one. The main purpose of the introduction of automated traffic management systems is to reduce the total delays of vehicles on



a certain section of the road network, in the area of operation of this system – at an intersection, in an area or city [1-2].

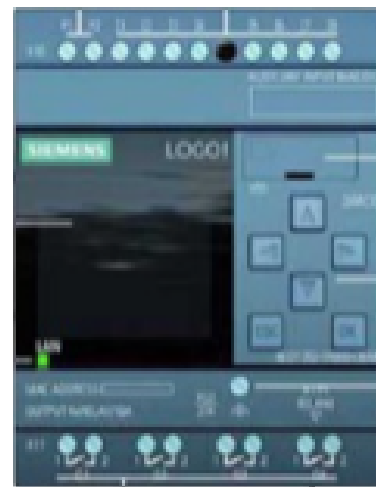
Microcontroller intellectualization of traffic lights is a modern and promising direction for improving traffic light facilities. The presence of a digital reprogrammable microcontroller, such as the Siemens LOGO! 230rce, and small microcontrollers with built-in ESP32 Cam video cameras open up wide opportunities for the use of modern software and hardware that allow interactively intellectualize the process of optimizing traffic flows without

significant material costs.

**Materials and methods.** The Siemens LOGO! 230RCE microcontroller in combination with the updated DC-2 linear controller allows you to optimize the algorithm of the entire information intelligent system. The technology of improvement of the DC-2 linear controller does not present great electrical complexity. Figure 1 shows the internal arrangement of the elements of the DC-2 controller. The device of the 230RCE programmable logic controller (PLC) is also presented here [3].



DC-2 controller



LOGO!230RCE

Figure 1 - The layout of the DC-2 and the general view of the Siemens LOGO! 230RCE microcontroller

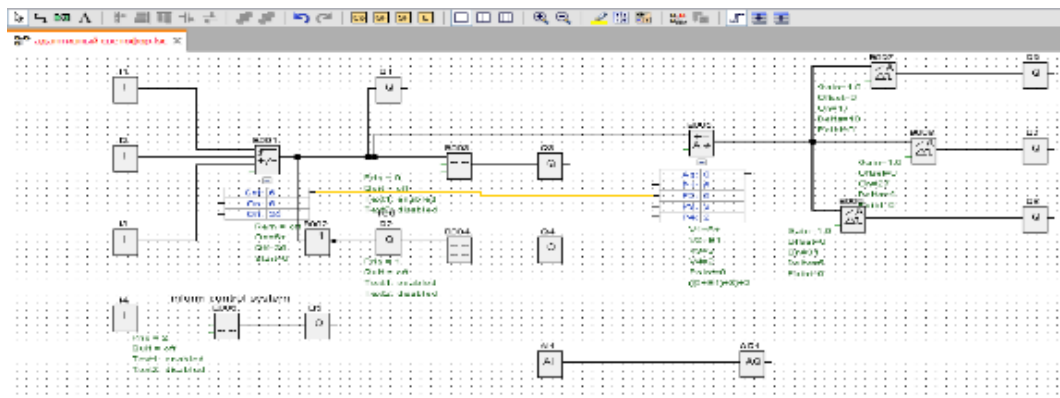


Figure 2 - The code of the adaptive traffic light program

The dimensions of the DC-2 and the length of the DIN rail PLC LOGO! they are compact enough.

Please note that the 230rce allows you to attach the rail without significant structural changes. In

practice, an additional relay with the function of reprogramming and data exchange over Ethernet networks is installed in the housing of the DC-2. An important feature of the new hardware is the constantly expanding libraries of application programs and software LOGO! and the presence of a simulator in Soft Comfort. This is the personal logo of the microcontroller! The Web editor can be supplemented with a web server, which allows you to process network data streams, images obtained from video cameras specific to the OOP application.

Figure 2 shows the program code written in the FBD graphical language [4-5].

The algorithm of the traffic light with a recognition sensor located in the traffic light zone of cars takes into account their number and if the specified number of cars is exceeded (in our case, 15 cars), the green light turns on [6].

Figure 3 shows the standard program for switching on the temporary phases of green, yellow and red light.

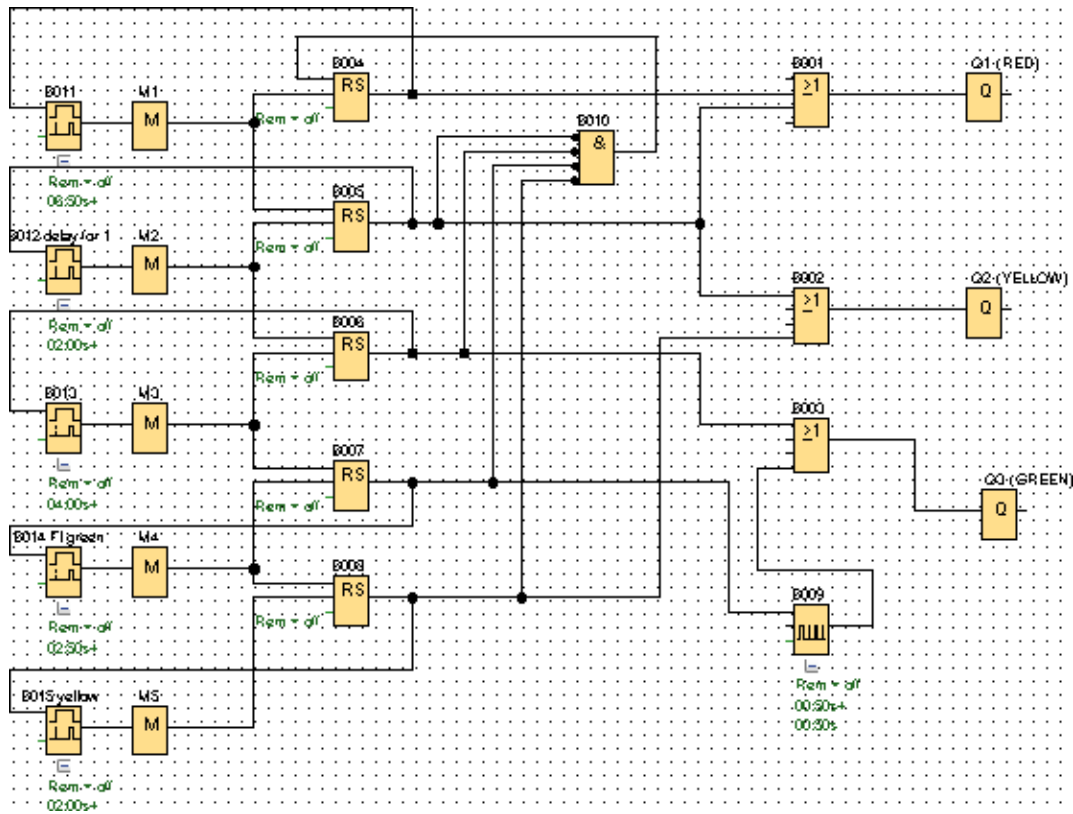


Figure 3 - The standard operating program of the traffic light in the "green wave" mode

The special feature of the code is that it can be reloaded taking into account traffic jams, emergencies and night mode (yellow, which lights up again).

Various software solutions are used to eliminate the phenomena of congestion and forced unreasonable delays of cars at intersections in front of traffic lights[7]. The algorithm and Program for calculating the number of vehicles can be adapted to a pedestrian traffic light, which is of particular

relevance for streets with divided lanes near the centerline of the bus (for example, on Timiryazev Street in Almaty).

In this regard, an upgraded computer traffic management system in Almaty is needed, which should calculate online the optimal and coordinated time intervals for switching on the phases of red, yellow, and green traffic lights at adjacent intersections, ensuring traffic flow along the "green" wave. Among such intelligent control systems, we

note the automated control system "Smart traffic lights" of New York City.

The intelligent traffic light control system of large cities is a complex and expensive automated system, however, reducing travel time, reducing vehicle downtime at intersections, reducing harmful emissions into the atmosphere, increasing the mobility of the population as a whole compensate for these costs. So, traffic management of a megalopolis is a complex and multilevel technological process.

Complex automation requires a powerful computer network with central controllers of supercomputers, on the periphery of which the IoT

device constantly transmits data to the traffic control center via communication channels.

A promising task of modern automation of the traffic management information system is research on "advanced" traffic management and traffic light regulation. The implemented software products should calculate indicators interactively, taking into account the requirements of local government systems installed at the nodal points of the city's road network. Also promising tasks are the creation of network simulators for microcontroller control of "smart intersections", and then their localization into more complex networks on the scale of a polycentric district and the city as a whole.

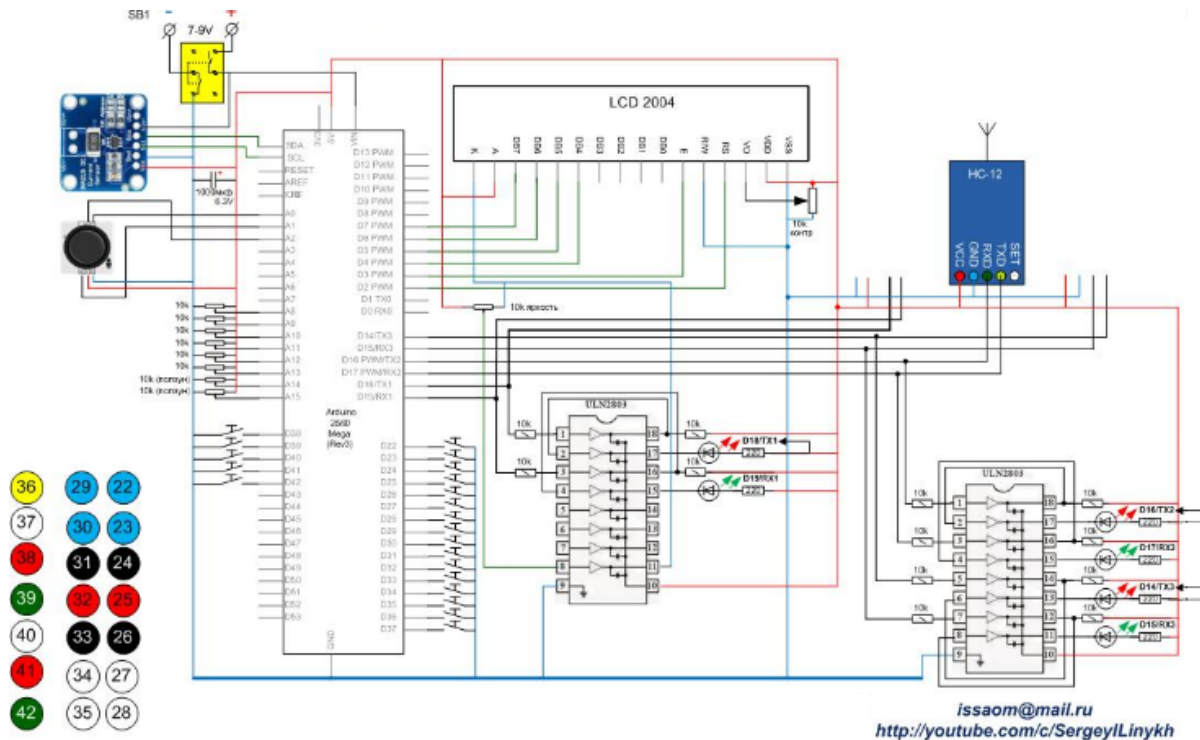


Figure 4 - Electrical diagram of an intelligent interface for controlling a "smart" traffic light using a QR code

In urban conditions, the following methods of traffic management are used:

- Control by stopping vehicles. For example, by means of traffic lights. Each traffic flow moving through the intersection is affected by three light signals — green, yellow and red.
- The direction of traffic flow bypassing the area

where congestion is formed.

- Information management. The driver receives information about the traffic situation on his way, and decides on the further route on his own.
- Coordinated management. It allows you to increase the capacity of roads and reduce the risk of accidents by streamlining traffic. The following

methods are used to implement coordinated management

- Rigid software control. Coordination programs and the order of their change are calculated in advance based on movement data collected, as a rule, by field measurements.

- Software management with forecast. The selection of the program activation points, the duration of their operation and their adaptation to the speed of traffic flow is performed based on data from transport detectors.

- Adaptive control. Each cycle is implemented with the calculation of coordination programs based on traffic flow data at each intersection and in each control phase.

**Results and discussions.** As a result of the conducted research, the software and hardware of

the ESP32 Cam interface was developed on the principle of a "green wave" for special services vehicles using a QR code. Similarly, the hardware and software of the ESP32 QR Code Reader interface for medical vehicles was developed. The "smart" HR software appeared during the implementation of a library program in which, with standard QR code recognition, a text message transcribing the text of the QR code was displayed on the screen of the COM port of the Arduino IDE environment [8, 9] (Fig.4).

In the case of fire trucks, often driven by a small column, the "Green Wave" has a longer turn-on time, and this information is entered into the QR code. Below is a program that implements an algorithm for adaptive activation of the "green wave" in the codes of the Arduino IDE environment:

```
Void setup()
{
  TM1283 mod;
  Byte num();
  int pinA = 3;
  int pinD = 5;
  pinMode (pinA, input);
  digitalWrite(pin1);
  Boolean dSW(pinC);
}
Int encoderPosCount(stepsPerrevo5){
  myStepper = 7;
  int pinDLast = 8;
  Serial.begin (362);
  Value_Y = analogRead (axis-X);
  Bool isvalid = false;
  MFRC522 mfrc522 (DD_PIN;
  Byte uidCar;
  delay(1);
  mode = cloc() / 5;
  if X=4 then {
    go to 10(".");
    delay(100);
  }
}
```

As can be seen from the text of the application, the webcam reads the QR code, analyzes the text and selects from it the number specified in the text

format and converts it to a digital format. Then the coil of the intelligent traffic light relay turns on to turn on the yellow light and then the green light.



**Conclusion.** In conclusion, it should be noted that the assessment of the informativeness of adaptive control algorithms makes it possible to optimally select the necessary operating mode for traffic flows, which in turn will significantly reduce the number of congestion on the streets of megacities.

The use of this system has made it possible to increase the efficiency of the automated control system by 18%. The developed software and hardware of the ESP32 Cam interface based on the "green wave" principle for special services vehicles using a QR code has shown its viability and practicality. The created program code for the Arduino IDE environment is adapted to these requirements. The article is based on the results of research carried out within the framework of the funded project "A neural computer view of the smart traffic light of megacities of the country".

## References

1. Badagiev B.T. Jekspluatacija transportnyh sredstv (organizacija i bezopasnost' dvizhenija). – M.: Al'fa-Press, 2012. - 239 s. ISBN 978-5-94280-556-2 [in Russian]
2. Dudko N.I., Petrovec V.R., Bershadskij V.F. Bezopasnost' dvizhenija mehanicheskikh transportnyh sredstv: posobie - Gorki: BGSMA, 2014. - 238 s. ISBN 978-985-467-490-2 [in Russian]
3. Blinkin M.Ja. Bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija: istorija voprosa, mezhdunarodnyj opyt, bazovye institucii.-M.: Izd. dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2013.- 240 s. ISBN: 978-5-7598-1086-5 [in Russian]
4. Volkov V.S. Jelektrooborudovanie transportnyh i transportno-tehnologicheskikh mashin: uchebnoe posobie - M.: Akademija, 2010. - 208 s. ISBN 978-5-7695-5749-1 [in Russian]
5. Gorev, A. Je.Osnovy teorii transportnyh sistem: uchebnoe posobie / A. Je. Gorev;SPbGASU. – SPb., 2010. - 214 s. ISBN 978-5-9227-0266-9 [in Russian]
6. Majboroda M.E., Bednarskij V.V. Gruzovye avtomobil' nye perezovki. - M.: Feniks, 2008.- 442 s. ISBN 978-5-222-14364-3 [in Russian]
7. Klinkovshtejn G.I. Organizacija dorozhnogo dvizhenija: uchebnyk dlja vuzov. – 5-e izd., pererab. i dop.- M: Transport, 2001 - 247. ISBN 9785277022405
8. Urykov V.A., Zelenina L.I. Modeli transportnogo infrastruktornogo kompleksa // <https://web.snauka.ru>. [in Russian]
9. Morozov I.I. i dr. Chislennoe issledovanie transportnyh potokov na osnove gidrodinamicheskikh modelej // Komp' juternye issledovaniya i modelirovanie.-2011. -T. 3(4).-S. 389-412. [in Russian]

### *Сведения об авторах*

Тулугулов А.Д. - кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: tad62@ya.ru;

Акишев К.М. - кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: akmail04@ya.ru;

Жамангарин Д. С.- PhD, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: Dus\_man89@mail.ru;

Юрков Н.К. - доктор технических наук, профессор, Пензенский государственный университет, Пенза, Россия, e-mail: kirpa@mail.ru;

Акишева Л.К.-исследователь, Назарбаев интеллектуальная школа, Астана, Казахстан, e-mail: akmail04@ya.ru

Алтынбек С. А. - PhD, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: serik\_aa@bk.ru;

Смакова Н.С. - PhD, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail:nuri\_5@mail.ru

### *Information about the authors*

Tulegulov A.D. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: tad62@ya.ru;

Akishev K.M. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: akmail04@ya.ru;



Zhamangarin D. S.- PhD, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: Dus\_man89@mail.ru;

Akisheva L.K.-researcher, Nazarbayev Intellectual School, Astana, Kazakhstan, e-mail: akmail04@ya.ru

Yurkov N.K. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Penza State University, Penza, Russia, e-mail: kipra@mail.ru;


Altynbek S. A. PhD, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: serik\_aa@bk.ru

Smakova N.S.- PhD, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: nuri\_5@mail.ru

**ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ КВАЗИЛИНЕАРИЗАЦИИ****<sup>1,2</sup>Т.Ж. Мазаков , <sup>1</sup>Ш.А. Джомартова, <sup>1</sup>А.Т. Мазакова, <sup>3</sup>Г.Ч. Тойкенов,  
<sup>1,2</sup>М.С. Алиаскар, <sup>3</sup>У.Г. Тойкенова**<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,<sup>2</sup>Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,<sup>3</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан Correspondent-author: tmazakov@mail.ru


Целью данной работы является определение параметров математической модели, описывающей прорывы селевых потоков через гидротехнические объекты, такие как дамбы и плотины. Достижение этой цели позволит соотнести разработанную модель с реальными наблюдениями и данными. Важность исследования обусловлена увеличением частоты и интенсивности катастрофических наводнений, вызванных разрушением таких сооружений, что подчеркивает необходимость разработки эффективных методов для прогнозирования и предотвращения подобных инцидентов. Методы и подходы, предложенные в данной работе, обладают высоким практическим значением для оценки вероятных рисков, организации эвакуационных мероприятий и снижения ущерба от аварий, связанных с разрушением дамб и плотин.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения (ГТС), параметры, идентификация, прорыв дамбы, селевой поток, математическое моделирование.

**МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ КВАЗИЛИНЕАРИЗАЦИЯ ӘДІСІМЕН СӘЙКЕСТЕНДІРУ****<sup>1,2</sup>Т.Ж. Мазаков , <sup>1</sup>Ш.А. Джомартова, <sup>1</sup>А.Т. Мазақова, <sup>3</sup>Г.Ч Тойкенов,  
<sup>1,2</sup>М.С. Әлиасқар, <sup>3</sup>Тойкенова У.Г.**<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,<sup>2</sup>Халықаралық инженерлік-технологиялық университет, Алматы, Қазақстан,<sup>3</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: tmazakov@mail.ru

Бұл зерттеудің мақсаты — гидротехникалық құрылыстар, соның ішінде бөгеттер мен дамбалар арқылы болатын сел ағындарының жарылуын сипаттайтын математикалық модельдің параметрлерін анықтау. Бұл мақсатқа қол жеткізу әзірленген модельді нақты бақылаулармен және деректермен салыстыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің өзектілігі осындай құрылыстардың бұзылуы салдарынан болатын апатты су тасқындарының жиілігі мен қарқындылығының артуымен ерекшеленеді, бұл осындай оқиғаларды болжау және алдын алу үшін тиімді әдістерді әзірлеу қажеттігін көрсетеді. Осы жұмыста ұсынылған әдістер мен тәсілдер ықтимал тәуекелдерді бағалауға, эвакуация шараларын ұйымдастыруға және дамбалар мен бөгеттердің бұзылуымен байланысты апаттардан келетін шығындарды азайтуға үлкен практикалық мәнге ие.

**Түйін сөздер:** гидротехникалық құрылыстар (ГТҚ), параметрлер, сәйкестендіру, дамбаның жарылуы, сел ағыны, математикалық модельдеу.

**IDENTIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS USING THE QUASILINEARIZATION METHOD****<sup>1,2</sup> T.Zh. Mazakov , <sup>1</sup> S h.A. Jomartova, <sup>1</sup> A.T. Mazakova, <sup>3</sup> G.Ch. Toykenov,  
<sup>1,2</sup> M.S. Aliaskar, <sup>3</sup> U.G. Toykenova**<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,<sup>2</sup>International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan,<sup>3</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: tmazakov@mail.ru

The aim of this study is to determine the parameters of a mathematical model that describes debris flow breaches through hydraulic structures, such as dams and embankments. Achieving this goal will allow the developed model to be correlated with real observations and data. The importance of the research is underscored by the increasing frequency and intensity of catastrophic floods caused by the failure of such structures, emphasizing the need to develop effective methods for predicting and preventing such incidents. The methods and approaches proposed in this work hold significant practical value for assessing potential risks, organizing evacuation measures, and reducing the damage from accidents related to dam and embankment failures.

**Keywords:** hydraulic structures (HS), parameters, identification, dam breach, debris flow, mathematical modeling.

**Введение.** За последнее столетие зарегистрировано более тысячи разрушений гидротехнических сооружений по всему миру, где основными причинами выступают как природные, так и антропогенные факторы. Среди основных факторов аварий на ГТС [1] выделяются:

- прохождение экстремальных объемов воды, что может вызвать переполнение водохранилища и нарушить нормальную работу сбросных сооружений, приводя к переливу через гребень плотины и формированию прорыва;
- износ основных компонентов плотин и гидромеханического оборудования вследствие длительной эксплуатации, что создает риск возникновения прорывов;
- ошибки персонала, недостаток мониторинга опасных ситуаций и недостаточные прогнозные данные по паводкам;
- террористические акты, направленные на разрушение плотин.

Примеры значимых происшествий:

1. В Италии, в 1963 году, прорыв дамбы Вайонт был вызван оползнем объемом около 260 млн куб. метров, который обрушился в водохранилище, вызвав перелив и уничтожение нескольких деревень, погибло около 2000 человек.
2. В Китае, прорыв дамбы Банкиао в 1975 году, спровоцированный чрезмерными осадками, привёл к гибели более 170 000 человек, а миллионы остались без жилья.
3. Аварии в Бразилии на хвостохранилищах горнодобывающих предприятий, включая прорыв дамбы в 2019 году в Брумадинью, вызвали масштабные экологические катастрофы и многочисленные жертвы.

Кроме того, техногенная катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС в России, произошедшая 17 августа 2009 года, привела к гибели 75 человек и нанесению серьезного ущерба объекту. Прорыв дамбы в селе Кызылагаш Алматинской области в 2010 году также привел к человеческим жертвам и разрушениям.

**Математические модели селевых потоков** служат важным инструментом для анализа и прогнозирования этих сложных и разрушительных природных явлений. Селевые потоки представляют собой массу воды, грунта и камней, которая перемещается под действием гравитации по склонам и руслам рек, требуя тщательного анализа и моделирования.

Основные подходы к моделированию селевых потоков:

1. Эмпирические модели, опирающиеся на статистические данные прошлых событий.
2. Физические модели, воссоздаваемые в лабораторных условиях для изучения поведения селевых потоков.
3. Численные модели, использующие уравнения гидродинамики и механики грунтов.

Применение математического моделирования позволяет:

1. Оценивать риски и уязвимость:
  - Определение зон потенциального воздействия селевых потоков.
  - Использование при планировании территорий и разработке мер по снижению рисков.
2. Проектировать инженерные сооружения:
  - Поддержка при проектировании дамб, каналов и барьеров.



- Оценка эффективности защитных сооружений.
3. Создавать системы раннего предупреждения:
- Интеграция моделей с метеорологическими данными для прогнозирования селевых потоков.
  - Обеспечение своевременного оповещения населения и служб реагирования.

Примеры математических моделей для анализа селевых потоков и оползней [2-3]:

### 1) Модель DEBRIS-2D

DEBRIS-2D — это специализированная двумерная численная модель, предназначенная для симуляции движения селевых потоков и грязекаменных лавин по сложному рельефу местности. Она позволяет анализировать динамику селевых масс с учётом их реологических характеристик и взаимодействия с топографией. Модель учитывает различные реологические подходы, такие как модели Бингема, Гершеля-Балкли и турбулентного потока, что помогает описывать неньютоновские свойства селевых потоков, включая зависимость вязкости от напряжения сдвига.

DEBRIS-2D использует высокоточные цифровые модели рельефа (DEM), что обеспечивает детальное представление поверхности и точное прогнозирование путей движения потоков. Модель решает двумерные уравнения глубинно-усредненного потока с использованием методов конечных объемов или конечных разностей, что позволяет эффективно моделировать нестационарные процессы. Она применяется для определения вероятных маршрутов распространения селевых потоков и зон повышенного риска, а также при планировании мер по снижению рисков, эвакуации и размещению защитных сооружений.

### 2) Модель FLO-2D

FLO-2D — двумерная гидродинамическая модель, предназначенная для моделирования поверхностного течения жидкости на обширных территориях. Изначально разработанная для прогнозирования паводков, модель FLO-2D была адаптирована для симуляции селевых потоков, лахаров и других гидрологических явлений с учётом неньютоновских свойств. Модель решает

полные уравнения мелкой воды без упрощений, что позволяет учитывать сложные потоки с переменными скоростями и направлениями. Она использует квадратную расчётную сетку, что упрощает моделирование и повышает его эффективность при обработке больших объемов данных.

FLO-2D поддерживает различные реологические модели для вязкопластичных материалов, таких как селевые потоки, и учитывает влияние концентрации частиц и вязкости на движение потока. Модель совместима с ГИС, что облегчает подготовку данных и анализ результатов. FLO-2D широко используется для прогнозирования распространения паводковых вод, оценки риска затопления и моделирования высококонцентрированных смесей воды и твёрдых частиц, характерных для селевых потоков. Она также применяется при проектировании гидротехнических сооружений, таких как дамбы и каналы.

### 3) Модель DAN (Динамический анализ оползней)

DAN (Dynamic Analysis of Landslides) — одномерная численная модель, разработанная для анализа быстродвижущихся оползней, селевых потоков и обвалов. Эта модель ориентирована на анализ глубинно-усредненного движения массы вдоль заданной траектории с учётом изменения реологических характеристик материала в процессе движения.

DAN поддерживает несколько реологических моделей, таких как:

- **Модель сухого трения** — используется для материалов, у которых сопротивление движению пропорционально нормальному напряжению;
- **Модель Бингема** — учитывает начальное напряжение сдвига и постоянную вязкость;
- **Модель Гершеля-Балкли** — обобщает модель Бингема, вводя показатель степени для напряжения сдвига;
- **Модель Воеллми** — сочетает сухое трение и турбулентное сопротивление, часто применяемая для снежных лавин и обвалов.

Модель DAN позволяет изменять реологические параметры по траектории движения, учи-

тывая процессы разжижения или уплотнения материала. Она помогает прогнозировать дальность, скорость и время прибытия оползневых масс, а также оценивает потенциальный ущерб зданиям, дорогам и другим объектам. Модель активно используется в планировании защитных инженерных мер и разработке систем раннего предупреждения.

**Материалы и методы.** Хотя все упомянутые модели описываются уравнениями в частных производных, в работе [4] был предложен алгоритм, позволяющий свести их к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. После того как структура математической модели определена (т.е. задан вид уравнений с неуточнёнными параметрами), встает задача параметрической идентификации — нахождения численных значений параметров на основе известных входных и выходных данных.

Ввиду сложности моделируемого объекта применимы лишь пассивные методы идентификации, предполагающие использование данных, полученных в процессе нормального функционирования объекта.

Рассмотрим следующую математическую модель, описываемую системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$y = f(y, p, t), \quad (1)$$

$$y(t_0) = y_0 \quad (2)$$

Здесь  $y$  –  $n_y$ -мерный вектор состояния модели,  $p$  –  $n_p$ -мерный вектор параметров.

В качестве меры близости системы и модели выберем функционал:

$$S = \sum_{m=1}^{n_y} \sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^n (\hat{y}_m^j(t_i) - y_m^j(t_i))^2, \quad (3) \quad \text{где}$$

где  $y_m^j(t_i)$  – значение выходного сигнала  $y_m$  в момент времени  $t_i$  в год  $j$ , полученное с использованием математической модели.

Таким образом, задача параметрической идентификации сводится к задаче минимизации функционала  $S$  по параметрам  $p$ :

$$\min_{p \in P} S \quad (4)$$

где  $P$  – пространство допустимых значений параметров  $p$ .

Метод квазилинеаризации, предложенный Беллманом и Калабой [5] для решения краевых задач нелинейных дифференциальных уравнений, может быть также использован для задачи параметрической идентификации при условии, что параметры постоянны. Этот метод характеризуется высокой степенью сходимости.

**Результаты и обсуждение.** Дополним систему обыкновенных дифференциальных уравнений (1)-(2) приобретает следующий вид с добавлением уравнения:

$$p = O, \quad (5)$$

где  $p$  – параметры модели, подлежащие идентификации.

Введем обозначения:  $z = (y, p)$ ,  $\varphi(z, t) = (f(z, t), O)$ , где  $z$  - вектор размерности  $n_z = (n_y + n_p)$ . Тогда систему дифференциальных уравнений (1) и (5) можно записать как:

$$z = \varphi(z, t) \quad (6)$$

Предположим, что  $k$ -я оценка вектора состояния  $z^k(t)$ ,  $t \in [t_0, t_1]$  известна. Разлагая правую часть (6) в окрестности траектории  $z^k(t)$ , в ряд Тейлора и ограничиваясь линейной частью, получаем систему дифференциальных уравнений для  $(k + 1)$ -го приближения вектора:

$$z^{k+1} = A^k(t)z^{k+1} + q^k(t) \quad (7)$$

$$A^k(t) = \frac{\partial \varphi(z^k, t)}{\partial z},$$

$$q^k(t) = \varphi(z^k, t) - A^k(t)z^k$$

Решение уравнения (7) имеет вид:

$$z^{k+1}(t) = \Phi^{k+1}(t)z^{k+1}(t_0) + g^k(t), \quad (8)$$

$$t \in [t_0, t_1].$$

где  $z^{k+1}(t)$  - является решением следующей матричной системы дифференциальных уравнений:

$$\dot{\Phi}^{k+1} = A^k(t)\Phi^{k+1}, \quad \Phi^{k+1}(t_0) = E, \quad (9)$$

а  $g^k(t)$  – решением неоднородного дифференциального уравнения:

$$\dot{g}^{k+1} = A^k(t)g^{k+1} + q^k, \quad g(t_0) = O \quad (10)$$

Здесь  $E$  – единичная матрица.

$$S^{k+1} = \sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^n \left( \hat{y}^j(t_i) - \Phi_1^{k+1}(t_i)\hat{y}^j(t_0) - \Phi_2^{k+1}(t_i)p^{k+1} - g^k(t_i) \right) \cdot \left( \hat{y}^j(t_i) - \Phi_1^{k+1}(t_i)\hat{y}^j(t_0) - \Phi_2^{k+1}(t_i)p^{k+1} - g^k(t_i) \right) \quad (12)$$

Приравняем к нулю частные производные от  $S^{k+1}$  по  $p^{k+1}$ :

$$\sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^n \left( \Phi_2^{k+1}(t_i)\Phi_2^{k+1}(t_i) \right) p^{k+1} = \sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^n \Phi_2^{k+1}(t_i) \cdot \left( \hat{y}^j(t_i) - \Phi_1^{k+1}(t_i)\hat{y}^j(t_0) - g^k(t_i) \right) \quad (13)$$

которую решим методом Гаусса для определения  $p^{k+1}$ . Это позволит найти траекторию  $z^{k+1}(t)$ , на интервале  $t \in [t_0, t_1]$ , тем самым определяя  $(k + 1)$ -ю оценку вектора состояния  $z$ . Процесс продолжается, пока очередные оценки  $p^k$  и  $p^{k+1}$  не станут близки по заданному критерию.

Таким образом, алгоритм идентификации на основе квазилинеаризации можно представить следующим образом:

Шаг 1. Задаем начальные значения  $p^0$ , иници-

Разобьем матрицу  $\Phi^{k+1}$  на блочные матрицы:

$$\Phi^{k+1} = \begin{pmatrix} \Phi_1^{k+1} & \Phi_2^{k+1} \\ \Phi_3^{k+1} & \Phi_4^{k+1} \end{pmatrix}.$$

Подставим решение (8) в функционал (3):

$$S^{k+1} = \sum_{m=1}^{ny} \sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^n \left( \hat{y}_m^j(t_i) - z_m^{k+1j}(t_i) \right), \quad (11)$$

где  $z_m^{k+1j}(t_i)$  – значение  $(k + 1)$ -го приближения выходного сигнала  $z_m$  в момент времени  $t_i$ , для года  $j$ . С учётом обозначений:

$$z_m^{k+1j}(t_0) = \hat{y}_m^j(t_0), \text{ для } m=\overline{1, ny} \text{ и } \forall k, j,$$

$$z_m^{k+1j}(t_0) = p^{k+1}, \text{ для } m=\overline{ny+1, nz} \text{ и } \forall k, j,$$

получим следующий функционал, зависящий от неизвестных  $p^{k+1}$ :

ализируем  $k = 0$ .

Шаг 2. Для определения  $k$ -го приближения  $z^k(t)$  интегрируем систему:

$$\dot{z}^k = \varphi(z^k, u, t)$$

при начальных условиях

$$z_m^k(t_0) = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l \hat{y}_m^j(t_0), \text{ для } m=\overline{1, ny},$$

$$z_m^k(t_0) = p^k, \text{ для } m=\overline{ny+1, nz}.$$

Шаг 3. Решаем задачи Коши (9) и (10).

Шаг 4. Для получения  $(k + 1)$ -й оценки параметров  $p$  решаем систему линейных алгебраических уравнений (13).

Шаг 5. Если  $|p^{k+1} - p^k| < \varepsilon_0$ , процесс идентификации завершается; иначе — возврат к шагу 2 (где  $\varepsilon_0$  — требуемая точность).

Таким образом, математические модели для анализа угроз прорыва дамб обеспечивают безопасность гидротехнических объектов и позволяют: прогнозировать последствия возможных аварий, разрабатывать меры для снижения рисков и повышать осведомлённость населения к ЧС. Развитие вычислительных технологий и интеграция с геоинформационными системами делают модели более точными, хотя их результативность зависит от качества исходных данных и опыта специалистов.

Предложенный алгоритм реализован программно и проходит экспериментальные расчёты.

**Выводы.** Модели DEBRIS-2D, FLO-2D и DAN представляют собой ключевые инструменты в геотехническом и гидрологическом моделировании опасных природных процессов. Их использование позволяет: а) углубленно изучить механизмы движения селевых потоков и оползней; б) точно прогнозировать зоны потенциального воздействия и пути распространения опасных потоков; в) разрабатывать эффективные стратегии управления рисками и планирования территорий. Выбор конкретной модели определяется спецификой задачи, доступными данными и уровнем детализации, необходимым для анализа. Интеграция результатов моделирования

с практическими мерами по снижению рисков способствует повышению уровня безопасности населения и устойчивости инфраструктуры перед воздействием опасных геологических процессов.

В данной работе разработана схема идентификации параметров моделей, позволяющая адаптировать их к конкретным водоемам. Этот алгоритм предоставляет возможность более точного моделирования процессов разрушения плотин и распространения селевых волн, что является важным аспектом для предотвращения катастрофических наводнений. Результаты численных расчетов показывают, что предложенная схема эффективно применяется для идентификации параметров выбранных математических моделей. Программное обеспечение, реализующее данный алгоритм, демонстрирует высокую точность и надежность расчетов, что подтверждается сравнением с существующими моделями и экспериментальными данными.

Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией разработанной схемы идентификации параметров моделей с современными системами мониторинга и предупреждения о чрезвычайных ситуациях. Это позволит повысить эффективность мер по защите населения и инфраструктуры от последствий селевых прорывов и других гидрологических угроз.

*Финансирование.* Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоёма» (2023-2025)

## Литература

1. Стихийные бедствия и техногенные катастрофы: Превентивные меры/ The World Bank and The United Nations; пер. с англ.-М.: Альпина Паблишер.-2011.-312 с. ISBN 978-5-9614-1527-8
2. Francesca Aureli, Paolo Mignosa, Massimo Tomirotti. Numerical simulation and experimental verification of Dam-Break flows with shocks//Journal of Hydraulic Research.-2010.-Vol.2000(3).-P.197-206. DOI 10.1080/00221680009498337
3. Tomaž Podobnikar Methods for visual quality assessment of a digital terrain model// S.A.P.I.EN.S



Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society, Special issue /-2009.-Vol.2(2).-P.1-10.  
URL <http://journals.openedition.org/sapiens/738>

4. Mazakova A.T., Jomartova Sh.A., Mazakov T.Zh., Ziyatbekova G.Z., Begaliyeva K.B.

Digital Determination of the Thermal Conductivity of a Square Bar by Reduction to a System of Integral Equations//Ecological Footprint of the Modern Economy and the ways to Reduce it Advances in Science, Technology&Innovation.-2024.-P.167-171.

DOI:10.1007/978-3-031-49711-7\_29

5. Гроп Д. Методы идентификации систем.// Перевод с англ. В.А. Васильева, В.И. Лопатина. - Под ред. Е.И. Кринецкого М.: Мир, 1979. – 302 с.

### References

1.Stihijnye bedstviya i tehnogennye katastrofy: Preventivnye mery/ The World Bank and The United Nations; per. s angl.-M.: Al' pina Pablisher.-2011.-312 s.

ISBN 978-5-9614-1527-8. [in Russian]

2. Francesca Aureli, Paolo Mignosa, Massimo Tomirotti. Numerical simulation and experimental verification of Dam-Break flows with shocks//Journal of Hydraulic Research.-2010.-Vol.2000(3).-P.197-206. DOI 10.1080/00221680009498337

3. Tomaž Podobnikar Methods for visual quality assessment of a digital terrain model// S.A.P.I.EN.S Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society, Special issue /-2009.-Vol.2(2).-P.1-10. URL <http://journals.openedition.org/sapiens/738>

4. Mazakova A.T., Jomartova Sh.A., Mazakov T.Zh., Ziyatbekova G.Z., Begaliyeva K.B.

Digital Determination of the Thermal Conductivity of a Square Bar by Reduction to a System of Integral Equations//Ecological Footprint of the Modern Economy and the ways to Reduce it Advances in Science, Technology&Innovation.-2024.-P.167-171.

DOI:10.1007/978-3-031-49711-7\_29

5. Grop D. Metody identifikacii sistem.// Perevod s angl. V.A. Vasil' eva, V.I. Lopatina. - Pod red. E.I. Krineckogo M.: Mir, 1979.- 302 s. [in Russian]

#### *Сведение об авторах*

Мазаков Т.Ж.-доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университетим. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Мазакова А.Т. – докторант Казахского национального университета им.аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Тойкенов Г.Ч. - кандидат физико-математических наук, доцент, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: gumyrbektoike@mail.ru;

Алиаскар М.С. - докторант Казахского национального университета им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Тойкенова У.Г.- докторант Казахского национального женского педагогического университета, Алматы, Казахстан, e-mail: ulpantoikenova@gmail.com

#### *Information about the authors*

Mazakov T.Zh. – Doctor of Physical and mathematical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Jomartova Sh.A. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Mazakova A.T. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Tokenov G.Ch. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: gumyrbektoike@mail.ru;

M.S. Aliaskar - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Toikenova U.G. - PhD student of the Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: ulpantoikenova@gmail.com

## IDENTIFYING EFFECTIVE MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR SENTIMENTAL ANALYSIS OF COMMENTS IN THE KAZAKH LANGUAGE

<sup>1</sup>N.K. Mukazhanov <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>L.Sh. Cherikbayeva, <sup>1</sup>A.M. Kassenkhan, <sup>1</sup>Zh.M. Alibieva,  
<sup>1,3</sup>M. Turdalyuly

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>International Engineering and Technological University

<sup>✉</sup> Corresponding author: n.mukazhanov@satbayev.university

This article presents the results of an analysis of machine learning algorithms for sentimental data analysis in the Kazakh language, and as a result of the analysis, effective algorithms are determined. With the increasing volume of Kazakh-language content on social networks, news and online stores, the need for tools and methods for processing data in the Kazakh language has also increased in order to obtain valuable information about people's opinions and views. Therefore, the dataset used in the study was collected from real online stores and news sites. The volume of the collected data set is 1500 records, 80% of which were used for training the algorithms, and 20% for testing. For sentimental data analysis, machine learning algorithms such as logistic regression, multinomial naive Bayes, support vector machine (SVM), XGBoost and long short-term memory (LSTM) deep learning are considered. The study tested algorithms by increasing the dataset from 500 records to 1500 records, and various algorithm methods such as individual, ensemble, and augmented were implemented and tested. The results obtained during testing were presented in terms of algorithm accuracy.

**Keywords:** sentiment analysis, machine learning, deep learning, NLP, comments, dataset

## ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ПІКІРЛЕРДІ СЕНТИМЕНТАЛДЫ ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ТИІМДІ АЛГОРИТМДЕРІН АНЫҚТАУ

<sup>1</sup>Н.К. Мукажанов <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Л.Ш. Черикбаева, <sup>1</sup>А.М. Касенхан, <sup>1</sup>Ж.М. Алибиева,  
<sup>1,3</sup>М. Тұрдалыұлы

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан,


<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>Халықаралық инженерлік-технологиялық университет,  
e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university

Ұсынылып отырған мақалада қазақ тілді деректерді сентименталды талдау үшін машиналық оқыту алгоритмдеріне талдау жасалынды, талдау нәтижесінде тиімді алгоритмдерді анықтау қарастырылды. Әлеуметтік желілерде, жаңалықтар және интернет дүкендердегі қолданушылардың пікірлері сияқты қазақ тіліндегі контенттің көлемі артуына байланысты, қазақ тілді деректерді өңдеу, адамдардың пікірі мен көзқарастары туралы құнды ақпаратты алу құралдары мен әдістеріне де қажеттілік артқан. Сондықтан, зерттеуде қолданылған деректер жинағы нақты интернет дүкендер мен жаңалықтар сайтынан жинақталды. Жинақталған деректердің көлемі 1500 жазба, оның 80% алгоритмдері жаттықтыру үшін, ал 20% тестілеу үшін пайдаланылды. Жинақталған деректерді сентименталды талдау үшін машиналық оқытудың Логистикалық регрессия, Multinomial Naive Bayes, Linear SVM, XGBoost және тереңдете оқытудың Long short-term memory (LSTM) қарастырылды. Зерттеу барысында деректер жинағы 500 жазбадан 1500 жазбаға дейін арттыру арқылы сынақ жасалынды, ал алгоритмдердің жеке, ансамбльдік және LSTM алгоритмінің толтырылған тізбектер әдісі сияқты түрлі әдістері жүзеге асырылып тестіленді. Тестілеу барысында алынған нәтижелер алгоритмдердің дәлдік көрсеткіштері бойынша ұсынылды.

**Түйін сөздер:** сентименталды талдау, машиналық оқыту, тереңдете оқыту, NLP, пікірлер, деректер жинағы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СЕНТИМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА КОММЕНТАРИЕВ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ

<sup>1</sup>Н.К. Мукажанов , <sup>2</sup>Л.Ш. Черикбаева, <sup>1</sup>А.М. Касенхан, <sup>1</sup>Ж.М. Алибиева,  
<sup>1,3</sup>М. Тұрдалыұлы

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Международный инженерно-технологический университет,  
e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university

В данной статье представлены результаты анализа алгоритмов машинного обучения для сентиментального анализа данных на казахском языке, и в результате анализа определены эффективные алгоритмы. В связи с увеличением объема казахскоязычного контента в социальных сетях, новостях и интернет-магазинах также возросла потребность в инструментах и методах обработки данных на казахском языке для получения ценной информации о мнениях и взглядах людей. Поэтому набор данных, использованный в исследовании, был собран из реальных интернет-магазинов и новостных сайтов. Объем собранного набора данных составляет 1500 записей, 80% из которых использовались для обучения алгоритмов, а 20% — для тестирования. Для сентиментального анализа данных рассмотрены алгоритмы машинного обучения, такие как логистическая регрессия, мультиномиальный наивный байесовский метод, метод опорных векторов (SVM), XGBoost и длинная краткосрочная память (LSTM) глубокого обучения. В ходе исследования тестировались алгоритмы с увеличением набора данных с 500 до 1500 записей, а также были реализованы и протестированы различные методы, такие как индивидуальный, ансамблевый и расширенный. Результаты, полученные в ходе тестирования, были представлены по показателям точности алгоритмов.

**Ключевые слова:** сентиментальный анализ, машинное обучение, глубокое обучение, NLP, комментарий, набор данных.

**Introduction.** Sentimental analysis is a subfield of Natural Language Processing (NLP) that aims to identify and analyze the moods (feelings) expressed in a given text. It is a powerful tool that we can use to understand people's opinions, attitudes, and emotions about a particular topic, brand, product, or service. Sentimental analysis can be applied to many different areas, such as market research, social media monitoring, customer service, and public opinion analysis [1]. Sentiment analysis is a powerful tool for companies to gain insight into customer sentiment and opinions, track their brand reputation, conduct market research, conduct competitive analysis, manage risk, make data-driven decisions, and improve their products, services, and customer interactions.

The study of the model and methods of analyzing sentimental data in the Kazakh language is very important for a number of reasons:

- due to the increase in the amount of data available on the Internet, many business

organizations can gain valuable information from large volumes of data, such as understanding customer preferences, market trends, and developing effective marketing strategies [2];

- sentimental analysis can be used for research purposes in areas such as sociology, psychology, and political science. By analyzing the data mentioned in social media posts, news, articles or other textual data, researchers can obtain information about the views, emotions and beliefs of various groups or individuals in Kazakh society;

- sentimental data analysis can also be applied in a variety of fields, including health, finance, and education. For example, it can be used to analyze patient feedback and improve health care services, detect fraudulent financial transactions, and evaluate the effectiveness of educational programs.

With the increasing use of digital content in the Kazakh language, such as social media posts, news and customer reviews, there is a growing need for

automated sentiment analysis techniques which can process large amounts of data and provide valuable information about people's opinions and attitudes. This work is an experimental contribution to the analysis of Kazakh language texts and sentimental research. Different methods and their accuracies are compared using texts based on opinion data.

The purpose of the presented article is to compare machine learning and deep learning methods in the study of sentiment analysis and to provide specific models and methods **that** yield good results in the sentiment analysis of opinions in the Kazakh language.

In general, we believe that the study of models and methods of sentimental data analysis in the Kazakh language is relevant from both a theoretical and a practical point of view. It is necessary to better understand and use the huge amount of data available in Kazakhstan.

**Materials and methods.** Extensive research has been conducted on sentiment analysis of data. This is evidenced by our search on the topic of sentimental analysis in the sciencedirect (<https://www.sciencedirect.com/>) database of scientific works, which revealed a total of 77,525 scientific works, including 7171 scientific articles and textbooks published in 2022 and 8194 in 2023.

The vast majority of research on sentiment data analysis is devoted to the English language [3, 4], also there are also many studies on the widely used Arabic [5], Chinese [6], and Russian [7] languages. These languages differ from the Kazakh language in terms of word formation, language syntax, and morphology. In addition, each natural language needs its own dataset in machine learning and deep learning methods. Therefore, in order to analyze the Kazakh language data, first of all, a data set should be collected and the analysis methods should be tested with the collected data. Several numbers of works [8, 9, 10] have been published on the sentiment analysis of Kazakh texts. In [8] considered two ways of implementing transfer learning at work: null learning and fine-tuning. Experiments were designed to compare these two methods and report the results obtained. In the work, the Bidirectional Encoder Representations (BERT)

model obtained from transformers suggested better results can be achieved in the Kazakh language with less resurgence. [9] this work is devoted to the development and application of an information system called the OMS system for the analysis of user comments on news portals, blogs and social networks in Kazakhstan. The system used sentimental dictionaries of the Russian and Kazakh languages and machine learning algorithms to determine the mood of texts in social networks. The article focused more on building a system than on studying methods of sentimental data analysis. The authors of the article [10] provided for an immediate analysis of Kazakh and Russian-speaking opinions. The work describes modern approaches to solving the problem of analyzing the opinions of news articles in Kazakh and Russian languages using neural networks. Thus, studies have shown that it is possible to achieve good results without knowing the linguistic characteristics of a particular language. The accuracy of the methods proposed in this work is 73%.

*Methods of sentimental data analysis* can be divided into several groups: Lexicon-based techniques, machine learning methods, deep learning methods, and hybrid methods. The main methods we consider are machine learning and deep learning.

*Lexicon-based techniques.* Lexicon-based methods use pre-built dictionaries or lexicons containing words and their corresponding sentiment scores [11]. For example, the word "good" has a positive meaning, and the word "hate" has a negative meaning. The sentiment score of the text is then calculated based on the sum or average of the scores of its component words. Lexical-based methods are relatively simple and fast, but may not be suitable for capturing the specific features and complexities of natural language. Dictionary-based methods are a popular approach to sentiment analysis, and one of the most commonly used lexicons is AFINN (Affective Norms for English Words). AFINN is a list of pre-computed sentiment scores for English words ranging from -5 (negative) to +5 (positive) [12].

*Methods based on machine learning.* Machine



learning-based methods rely on algorithms that learn to identify sentiment patterns from large datasets of annotated texts. Algorithms are trained on labeled datasets, where each text is annotated with a corresponding sentiment label (positive, negative, or neutral). Machine learning-based methods are more flexible and accurate than dictionary-based methods, but they require more labeled data and may not generalize well to unseen data. Logistic regression, Naive Bayes, Decision Tree [10], and support vector machine (SVM) methods are often used in sentiment analysis of data [13, 14].

*Methods based on deep learning.* Deep learning techniques are one of the best performing methods in sentiment analysis. They can analyze the complex structures of texts and describe nuances of mood and sensitive parts of context. Deep learning-based methods require more data than machine learning-based methods, but they can achieve superior results in sentiment analysis tasks [15]. Among deep learning approaches, circuit models and recurrent neural networks are best suited for analyzing textual data. Sequence modeling plays a key role in sentiment analysis, as it allows for sentiment analysis in text, word order, and context. Sentiment analysis aims to identify the underlying sentiment or emotion expressed in a piece of text, such as a sentence, review, or social media post. Using sequence modeling techniques, sentiment analysis can capture the complex relationships between words and accurately explain the sentiment conveyed by text.

Recurrent Neural Network (RNN) is a type of neural network architecture specially developed for systematic data processing. This is useful for sequence processing tasks such as time series analysis, natural language processing, speech recognition, and handwriting recognition. Unlike feedforward neural networks, which process data in a single pass from input to output, RNNs have a feedback mechanism which allows them to store information about previous inputs and use it to influence the processing of future inputs. This feedback mechanism allows RNNs to capture temporal dependencies and patterns present in serial data [16].

**Results and discussion.** Sentimental analysis is carried out by processing the data in several stages. These are: collecting current opinions, pre-processing and preparing data sets, analyzing (reviewing) processed data sets, extracting labels from processed data, analyzing and obtaining results using machine and deep learning methods, and evaluating results.

*Gathering relevant data.* Creating a data set consisting of different opinions is the main and initial step in the research of sentiment analysis model and methods. One way to build an opinion database is to collect opinions from various online sources, such as e-commerce websites, social media platforms, and other websites. To ensure the quality of the data set, the text must be accurate and consistent. Reviews used in this work were collected from e-commerce websites, including Kaspi magazin, nur.kz and 2GIS. All non-Kazakh comments were removed from the dataset to ensure comments were in the Kazakh language. Once the comments are collected, they should be classified into positive and negative sentiment (sentiment) based on the general opinion expressed in the text. In our case, a total of 1500 comments in the dataset were manually marked as positive, negative or neutral. The final data set was divided into two parts: the training set and the test set. The training set consists of 1200 comments, and the test set consists of 300 comments. The training set was used to train the sentiment analysis model, and the test set was used to evaluate the accuracy of the model.

*Data set preprocessing and preparation.* Text preprocessing and preparation involves cleaning, transforming, and organizing textual data to facilitate analysis. The main purpose of text preprocessing is to convert raw text into a format suitable for analysis by removing unnecessary information, converting text to common case, and reducing data sizes. Libraries such as NLTK (Natural Language Toolkit), spaCy and Scikit-learn are proposed for processing the collected data. In our work, using the NLTK library, tokenization, erasure of stop words, transformations were carried out.

After removing duplicate data, correcting



the conversion of text data into vectors that can be understood by machine learning algorithms. The following methods are used to extract symbols from text data: one-hot encoding, bag of words, term frequency - inverse document frequency (TF-IDF) and word embeddings. In the work , term frequency - inverse document frequency (TF-IDF) vectorizer

was used to extract features. The TF-IDF vectorizer is the most commonly used method for converting texts to digital values. TF-IDF is a numerical statistic which indicates the importance of a word for a document in a collection or corpus. It is calculated as a product of two components: Term Frequency (TF) and Inverse Document Frequency (IDF) [17].

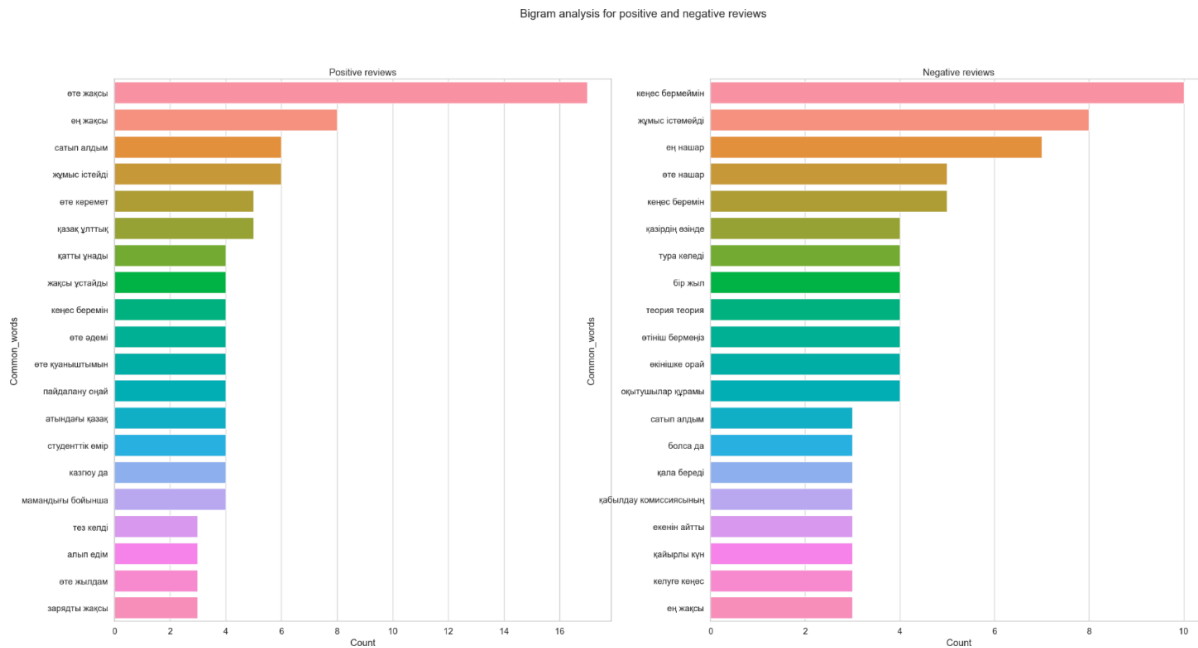


Figure 3 - Bigram analysis for negative and positive reviews

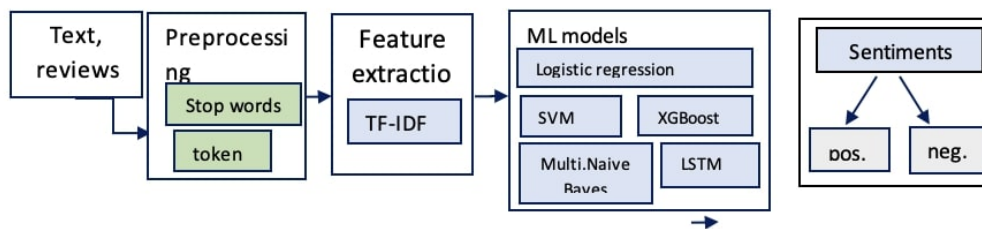


Figure 4 - Steps of processing text data using machine learning

A matrix of numeric vectors was created by applying the TF-IDF formula on the corpus of documents. Each row of the matrix represents a document, and each column represents a unique word in the corpus. The resulting matrix was fed as input to various machine learning algorithms for sentiment analysis. The TF-IDF vectorizer is a powerful tool for feature extraction from textual data in sentiment analysis because it shows both the

importance of words in a document and their rarity in the corpus. This helps improve the accuracy and efficiency of machine learning models for sentiment analysis.

*Implementation of sentimental data analysis with machine learning algorithms.* Conducting sentimental analysis of reviews consists of several steps. The sequence of steps is shown in Figure 4. The first analyzed data is pre-processed. Then,

the textual data in the training and test sets were transformed into numerical feature vectors based on the TF-IDF representation. This transformation allows machine learning algorithms to work efficiently with textual data, as they typically require numerical input.

The data set was divided into training and test sets using the `train_test_split` function of the `scikit-learn` library. The `Test_size` parameter was set to 0.2, that is, 20% of this data was used for testing, and

80% was used for training. Using the converted TF-IDF data, a version of the `LogisticRegression` class was developed, which was displayed by the logistic regression algorithm. As the logistic regression algorithm and target labels are trained through the training data, the identification method adjusts the sample parameters to find the best fit for the given data. The accuracy, classification calculation, and confusion matrix for estimating sample performance are as follows (Figure 5):

	precision	recall	f1-score	support
0	0.82	0.88	0.85	107
1	0.87	0.80	0.83	105
accuracy			0.84	212
macro avg	0.84	0.84	0.84	212
weighted avg	0.84	0.84	0.84	212

**Logistic Regression Accuracy : 83.96%**

**Figure 5 - Accuracy of logistic regression algorithm**

And to use the Multinomial Naive Bayes model, the `sklearn.naive_bayes` function was used. A Multinomial Naive Bayes classifier was instantiated and trained on the training data represented by the TF-IDF vectorized feature matrix and the

corresponding feature matrix. The features of the test data were predicted using the trained MNB classifier. The accuracy score was calculated by comparing the predicted signs with the real signs (accuracy indicators are shown in Figure 6).

	precision	recall	f1-score	support
0	0.88	0.79	0.83	107
1	0.80	0.89	0.84	105
accuracy			0.83	212
macro avg	0.84	0.84	0.83	212
weighted avg	0.84	0.83	0.83	212

**Multinomial Naive Bayes Classifier Accuracy : 83.49%**

**Figure 6-Accuracy of Multinomial Naive Bayes model**

In addition, Linear SVM and XGboost models of machine learning are also tested. Their results are lower than logistic regression (Linear SVM-79.25%, Xgboost-80.1%).

*Implementation of sentimental data analysis with deep learning algorithms.* In order to use the Recurrent Neural Network (RNN) method, it is necessary to build a vocabulary. This is an efficient



lookup table where each unique word in the data set has a corresponding index (integer). Based on the reviews, the following dictionary was compiled:

[«Керемет телефон екен», «Маған ұнады әдемі», «Қуаты өте ұзаққа шыдайды»] → vocabulary {«<unk>»:0, «әдемі»:1, «екен»:2, «керемет»:3, «маған»:4, «телефон»:5, «қуат»: 6, «ұзаққа»:7, «ұнады»:8, «өте»:9, «шыдайды»:10, «pad»:11}

Then, using a dictionary, we assigned indexes to the text data in the test set, replacing each word in the data with the corresponding index in the dictionary. In this step, the textual data is converted into numerical representations that can be used as input to the RNN. The following conversion is

obtained:

[«Керемет телефон екен», «Маған ұнады әдемі», «Қуаты өте ұзаққа шыдайды»] → vocabulary {«<unk>»:0, «әдемі»:1, «екен»:2, «керемет»:3, «маған»:4, «телефон»:5, «қуат»: 6, «ұзаққа»:7, «ұнады»:8, «өте»:9, «шыдайды»:10, «pad»:11} → {{«Керемет телефон екен»: [3 5 2 11]}, {«Маған ұнады әдемі»: [4 8 1 11]}, {«Қуат өте ұзаққа шыдайды»: [6 9 7 10]}}

Each index is used to create a vector for each word. One-hot vector is a vector whose size is the total number of unique words in the dictionary, where only one element is 1, and all other elements are 0 (Figure 7). Torch library was used for this task.

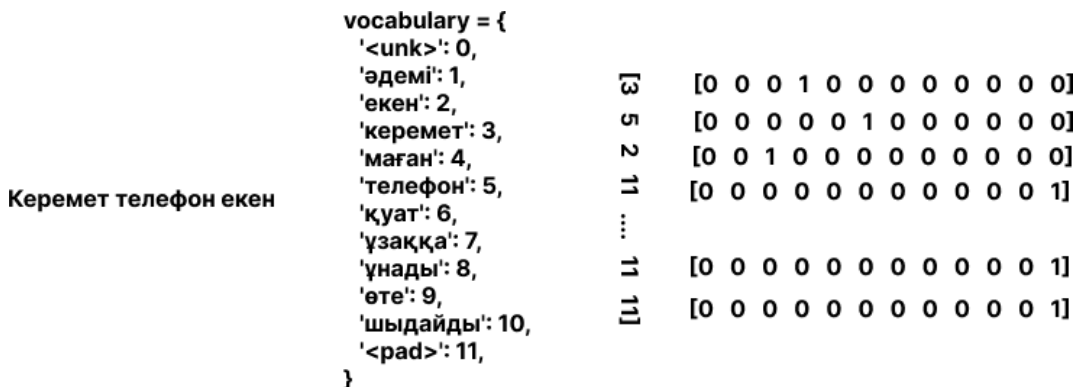


Figure 7-One-hot vector

```
class RNN(torch.nn.Module):
    def __init__(self, input_dim, embedding_dim, hidden_dim, output_dim):
        super().__init__()
        self.embedding = torch.nn.Embedding(input_dim, embedding_dim)
        self.rnn = torch.nn.LSTM(embedding_dim,
                                 hidden_dim)
        self.fc = torch.nn.Linear(hidden_dim, output_dim)
    def forward(self, text):
        embedded = self.embedding(text)
        output, (hidden, cell) = self.rnn(embedded)
        hidden.squeeze_(0)
        output = self.fc(hidden)
        return output
```

Figure 8 - RNN model creation

An embedding layer was used to transform a one-hot vector into a dense embedding vector. The model constructor consists of the size of the input

dictionary, the number of unique tokens in the textual data (input\_dim), the dimensionality of the embedding vectors representing the input tokens



(embedding\_dim), the number of units in the hidden state of the LSTM (hidden\_dim), the dimensionality of the output representing the sentiment prediction (output\_dim). The implementation of the model is presented in Figure 8.

In addition, the torch.nn.Embedding module was created, which is responsible for learning and matching input tokens with dense embedding vectors. And the torch.nn.LSTM module was built to implement the long LSTM layer. This module takes embedded input as input and processes the serial information to generate hidden states. Next, a torch.nn.Linear module was created which maps the last hidden state to the output dimension responsible for sentiment prediction.

The Forward method is responsible for the forward movement of the model. It accepts text as input text data. An embedded tensor is obtained by passing the input text through an embedding layer, performing a search to transform the input tokens into dense vector representations. The embedded tensor is then passed through the RNN layer and returns the (hidden, cell) values containing the output features of the LSTM for each time step and the final hidden state of the LSTM. The latent tensor is filtered along the first dimension to remove the extra dimension added by the LSTM.

Next, the created model was trained. This process consisted of 10 stages. Logs the training progress, updating model parameters based on calculated

gradients. It also evaluates the performance of the model on the training and validation sets after each phase. Finally, 60% accuracy was obtained from model training. 60% is not considered a good result, so ways to improve its accuracy rate were considered.

To increase the accuracy of the model, various modifications were made to the LSTM algorithm, including the embedded use of the packed padded sequences method, which gave good results. Important aspects of packed padded sequences are defined (example implementation code is shown in Figure 9):

- Efficient computation: Stacked filled sequences allow for more efficient computation during training and inference. In RNNs, input sequences are usually processed in parallel in a small batch. Filled circuits avoid unnecessary computations on filled elements, resulting in faster training and reduced inference time.
- Memory efficiency: padded circuits increase memory requirements because they introduce a significant number of padded elements. By wrapping strings, filled elements are effectively masked, reducing the memory footprint and optimizing memory usage.
- Improved model performance: Overloaded circuits can negatively impact model performance by introducing noise and unnecessary calculations.

```
class RNN(torch.nn.Module):
    def __init__(self, input_dim, embedding_dim, hidden_dim, output_dim):
        super().__init__()
        self.embedding = torch.nn.Embedding(input_dim, embedding_dim)
        self.rnn = torch.nn.LSTM(embedding_dim,
                                hidden_dim)
        self.fc = torch.nn.Linear(hidden_dim, output_dim)
    def forward(self, text, text_length):
        embedded = self.embedding(text)

        ## NEW
        packed = torch.nn.utils.rnn.pack_padded_sequence(embedded, text_length.to('cpu'))
        packed_output, (hidden, cell) = self.rnn(packed)
        hidden.squeeze_(0)
        output = self.fc(hidden)
        return output
```

Figure 9 - Improved LSTM algorithm code

This function creates a boxed sequence object which represents sequences without padding tokens. Using this method, 84% accuracy was achieved.

*Discussion of results.* Let's look at which method gives better results by comparing the results of sentimental analysis made using Logistic

Regression, Multinomial Naive Bayes, Linear SVM, XGBoost, Long short-term memory (LSTM), LSTM-pack sequence learning methods to improve LSTM on collected Kazakh comments. Table 1 shows the results of the above-mentioned models and algorithms evaluation experiment

**Table 1 - Results of algorithm**

№	Algorithm name	Accuracy
1	Logistic regression	83.96%
2	Multinomial Naive Bayes	83.49%
3	Linear SVM	79,25%
4	XGboost	80,1%
5	LSTM	60.00%
6	Improved LSTM	84.12%

Due to the lack of a large collection of data, machine learning methods have shown that they do not give more accurate results. A logistic regression algorithm can be effective if there is low-dimensional data and their capability is linearly distributed, but a large data set is required to achieve good results. Although the LSTM model showed only 60 percent accuracy, it increased its accuracy using the packed packed sequences method and achieved better results than everyone else. The LSTM model has shown poor performance on very little data. When we increased the number of reviews from 500 to 1500, we noticed a improvement in the result.

**Conclusion.** This paper is devoted to the study of ways of sentimental analysis of Kazakh language reviews. The introduction of the article explains sentimental analysis and gives citations for its importance. The paper considered lexicon (rule) based methods, machine learning based methods and deep learning methods as methods of sentimental data analysis. Among them, we differentiated the possibilities of determining

the mood in Kazakh-language opinions using methods based on machine learning and deep learning methods, which are currently being extensively researched and are well used in practical developments.

Kazakh-language reviews used in sentimental analysis were collected from Kaspi online-market, nur.kz and 2GIS. Collected opinions were subjected to initial processing such as preliminary processing and preparation of the data set, analysis (review) of the processed data set, extraction of features from the processed data. Further, the prepared data were sentimentally analyzed using Logistic regression, Multinomial Naive Bayes, Linear SVM, Xgboost and deep learning LSTM models of machine learning and the accuracy indicators of the obtained results were determined. After all samples were analyzed, a comparative analysis of their accuracy indicators was performed. Comparative analysis showed that the best result was the deep learning improved LSTM model (accuracy-84.12%), followed by the machine learning Logistic regression model (accuracy-83.96%).

## References

1. Bolshakova E.I., Voroncov K.V., Efremova N.E., Klyshinskiy E.S., Lukashevich N.V., Sapin A.S. Avtomaticheskaya obrabotka tekstov na estestvennom yazyke i analiz dannyh. - M.: Izd-vo NIU VShE, 2017. - 269 s. [in Russian]

2. Pasolini, Roberto. Learning Methods and Algorithms for Semantic Text Classification across Multiple Domains, [Dissertation thesis]. Alma Mater Studiorum Università di Bologna. Dottorato di ricerca in Ingegneria elettronica, informatica delle telecomunicazioni, 27 Ciclo.  
DOI 10.6092/unibo/amsdottorato/7058.
3. Jingli Shi, Weihua Li, Quan Bai, Yi Yang, Jianhua Jiang. Syntax-Enhanced Aspect-Based Sentiment Analysis with Multi-Layer Attention // Neurocomputing. -2023.  
DOI 10.1016/j.neucom.2023.126730
4. Malliga Subramanian, Veerappampalayam Easwaramoorthy Sathiskumar, G. Deepalakshmi, Jaehyuk Cho, G. Manikandan. A survey on hate speech detection and sentiment analysis using machine learning and deep learning models // Alexandria Engineering Journal. – 2023. –Vol. 80(2). - P. 110-121.  
DOI10.1016/j.aej.2023.08.038
5. Arwa A. Al Shamsi, Sherief Abdallah. Ensemble Stacking Model for Sentiment Analysis of Emirati and Arabic Dialects // Journal of King Saud University. -2023. -Vol. 35(8).  
DOI 10.1016/j.jksuci.2023.101691
6. Meng Li, Yucheng Shi. Sentiment analysis and prediction model based on Chinese government affairs microblogs // Heliyon. - 2023. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e19091
7. Chetviorkin, I.; Loukachevitch, N. Evaluating Sentiment Analysis Systems in Russian // In Proceedings of the 4th Biennial International Workshop on Balto-Slavic Natural Language Processing, Sofia, Bulgaria, 8–9 August 2013; Association for Computational Linguistics . - Sofia, Bulgaria, 2013. -P. 12–17.
8. Nugumanova A., Baiburin Ye., Alimzhanov Ye.. Sentiment Analysis of Reviews in Kazakh With Transfer Learning Techniques // SIST 2022 - 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Proceedings, ISBN 978-166546790. - 2022. DOI 10.1109/SIST54437.2022.9945811
9. Karyukin Vladislav, Mutanov Galimkair, Mamykova Zhanl, Nassimova Gulnar, Torekul Saule, Sundetova Zhanerke, Negri Matteo. On the development of an information system for monitoring user opinion and its role for the public // Journal of Big Data. -2022. - Vol. 9. DOI 10.1186/s40537-022-00660-w
10. Narynov S.S., Zharmagambetov A.S.: On One Approach of Solving Sentiment Analysis Task for Kazakh and Russian Languages Using Deep Learning // International Conference on Computational Collective Intelligence. - Springer, 2016. - Vol. 9876. DOI 10.1007/978-3-319-45246-3\_51
11. Saraswathi N., Sasirooba T., Chakaravarthi S. Improving the accuracy of sentiment analysis using a linguistic rule-based feature selection method in tourism reviews // Measurement: Sensors. - 2023. - Vol. 29. - DOI 10.1016/j.measen.2023.100888
12. Gulmira Bekmanova, Gaziza Yelibayeva, Saltanat Aubakirova, Nurgul Dyussupova, Altynbek Sharipbay, Rozamgul Nyazova. Methods for analyzing polarity of the Kazakh texts related to the terrorist threats // Computational Science and Its Applications - ICCSA 2019. - P. 717-730.  
DOI 10.1007/978-3-030-24289-3\_53
13. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R // Springer Science and Business Media. - New York, 2013.  
DOI 10.1007/978-1-4614-7138-7
14. Dinara Gimadi, Richard Evans, Kiril Simov. Web-sentiment Analysis Of Public Comments (Public Reviews) For Languages With Limited Resources Such As The Kazakh Language. - 2021.  
DOI 10.26615/issn.2603-2821.2021\_010
15. Huseyn Hasanli , Burak Ordin , Samir Rustamov. Sentiment analysis on twitter data for azerbaijani

language // Journal of Modern Technology and Engineering.-2019. - Vol.4. - No.2. - P.109-121. 2019.

16. Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2. - 2019. P. 770.

17. Ugo Erra, Sabrina Senatore, Fernando Minnella, Giuseppe Caggianese. Approximate TF-IDF based on topic extraction from massive message stream using the GPU // Information Sciences, January. - 2015. -Vol. 292. -P. 143-161. DOI10.1016/j.ins.2014.08.062

***Information about the authors***

Mukazhanov N. K. - doctor Ph.D., associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university;

Cherikbayeva L.Sh. - doctor Ph.D., Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: cherikbayeva.lyailya@gmail.com;

Kasenkhan A.M. – doctor Ph.D., Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university;

Alibieva Zh.M. - doctor Ph.D., associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zh.alibiyeva@satbayev.university;

Turdalyuly M. - doctor Ph.D., associate professor, International Engineering and Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.turdalyuly@gmail.com

***Сведения об авторах***

Мукажанов Н.К. - доктор Ph.D, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university;

Черикбаева Л.Ш. - доктор Ph.D, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: cherikbayeva.lyailya@gmail.com;


Қасенхан А.М - доктор Ph.D, Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university;

Алибиева Ж.М. - доктор Ph.D, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: zh.alibiyeva@satbayev.university;

Тұрдалыұлы М. - доктор Ph.D, ассоциированный профессор, Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: m.turdalyuly@gmail.com

**THERMAL COMFORT PREDICTION USING SVM AND RANDOM FOREST MODEL****N.B. Assymkhan** , **A. Kartbaev**

Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

 Correspondent-author [anb.asymhan@gmail.com](mailto:anb.asymhan@gmail.com)

Predicting thermal comfort is crucial for optimizing built environments for human habitation, as it impacts health, productivity, and overall well-being. To address this imperative, interdisciplinary collaboration among architects, engineers, psychologists, and data scientists is needed to develop reliable predictive models that anticipate occupants' thermal comfort preferences across diverse environmental conditions and architectural designs. Traditional methods rely on human comfort models, which can be subjective and time-consuming. Machine learning algorithms, such as Support Vector Machines (SVM) and Random Forest (RF), have been utilized to predict thermal comfort with high accuracy and efficiency. The Internet of Things (IoT) is revolutionizing the building management systems industry, with adaptive control algorithms and modular architectures exploring the IoT paradigm. This paper discusses the use of SVM and Random Forest algorithms for predicting thermal comfort in buildings, exploring their strengths and weaknesses and comparing their performance in different scenarios. The study analyzed a dataset of thermal comfort data, filtering by quantity and removing outliers. The data was split into 80% for training and 20% for testing. The study used SVM and Random Forest models to capture complex relationships between environmental parameters and thermal comfort responses. The results showed that the IQR method provided 3-4% accuracy, while the reducing label values method offered 20-23% accuracy. The study also tested the parameters of the models, resulting in a 2-4% difference between the two models. The study concluded that Random Forest appears more stable than SVM and plans to add new features to improve accuracy.

**Keywords:** Heating, ventilation, and air conditioning, temperature, thermal comfort, support vector machine (SVM), random forest (RF).

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SVM И RANDOM FOREST****Н.Б. Асымхан** , **А. Картбаев**Казахстанско-Британский Технический Университет, Алматы, Казахстан,  
e-mail: [anb.asymhan@gmail.com](mailto:anb.asymhan@gmail.com)

Прогнозирование теплового комфорта имеет решающее значение для оптимизации строительных сред для человеческого проживания, так как оно влияет на здоровье, производительность и общее благополучие. Для решения этой задачи требуется междисциплинарное сотрудничество архитекторов, инженеров, психологов и специалистов по обработке данных для разработки надежных прогностических моделей, предвидящих предпочтения жильцов к тепловому комфорту в различных климатических условиях и архитектурных решениях. Традиционные методы основаны на моделях комфорта человека, которые могут быть субъективными и затратными по времени. Алгоритмы машинного обучения, такие как Support Vector Machine (SVM) и Random Forest (RF), использовались для прогнозирования теплового комфорта с высокой точностью и эффективностью. Интернет вещей (IoT) революционизирует отрасль систем управления зданиями, с адаптивными управляющими алгоритмами и модульными архитектурами, исследующими парадигму IoT. В данной статье обсуждается использование алгоритмов SVM и Random Forest для прогнозирования теплового комфорта в зданиях, исследуются их преимущества и недостатки, а также сравнивается их производительность в различных сценариях. В рамках исследования был проанализирован набор данных по тепловому комфорту, произведена фильтрация по количеству и удалению выбросов. Данные были разделены на



80% для обучения и 20% для тестирования. В исследовании использовались модели SVM и Random Forest для выявления сложных взаимосвязей между параметрами окружающей среды и реакциями на тепловой комфорт. Результаты показали, что метод IQR обеспечил точность в 3-4%, в то время как метод уменьшения значений меток предоставил точность в 20-23%. Также были проверены параметры моделей, что привело к различию в 2-4% между двумя моделями. Исследование заключает, что Random Forest оказался более устойчивым, чем SVM, и планирует добавить новые функции для повышения точности.

**Ключевые слова:** отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, температура, тепловой комфорт, Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF).

## SVM ЖӘНЕ RANDOM FOREST МОДЕЛДЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ЖЫЛУЛЫҚ ЖАЙЛЫЛЫҚТЫ БОЛЖАУ

Н.Б. Асымхан <sup>✉</sup>, А. Картбаев

Қазақстан-Британ Техникалық Университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: anb.asymhan@gmail.com

Жылулық жайлылықты болжау адам тұруы үшін салынған ортаны оңтайландыру үшін өте маңызды, өйткені ол денсаулыққа, өнімділікке және жалпы әл-ауқатқа әсер етеді. Бұл мәселені шешу сәулетшілер, инженерлер, психологтар және деректер ғалымдары арасындағы әртүрлі климаттық және сәулеттік дизайндағы тұрғынның жылулық жайлылық қалауларын болжайтын сенімді болжамды модельдерді әзірлеу үшін пәнаралық ынтымақтастықты талап етеді. Дәстүрлі әдістер субъективті және уақытты қажет ететін адам жайлылық үлгілеріне сүйенеді. Support Vector Machine (SVM) және Random Forest (RF) сияқты машиналық оқыту алгоритмдері жоғары дәлдік пен тиімділікпен термиялық жайлылықты болжау үшін пайдаланылды. Заттардың интернеті (IoT) парадигмасын зерттейтін адаптивті басқару алгоритмдері мен модульдік архитектуралары арқылы ғимараттарды басқару жүйелерінің индустриясында төңкеріс жасайды. Бұл мақалада ғимараттардағы жылулық жайлылықты болжау үшін SVM және Random Forest алгоритмдерін пайдалану талқыланады, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері зерттеледі және әртүрлі сценарийлердегі олардың өнімділігі салыстырылады. Зерттеудің бір бөлігі ретінде термиялық жайлылық деректерінің жиынтығы талданды, саны бойынша сүзілді және шектен тыс мәндер жойылды. Деректер оқу үшін 80% және тестілеу үшін 20% бөлінді. Зерттеу қоршаған орта параметрлері мен жылулық жайлылық реакциялары арасындағы күрделі қатынастарды анықтау үшін SVM және Random Forest үлгілерін пайдаланды. Нәтижелер көрсеткендей, IQR әдісі 3-4% дәлдік береді, ал жапсырманы азайту әдісі 20-23% дәлдік береді. Модельдердің параметрлері де тексерілді, нәтижесінде екі модель арасында 2-4% айырмашылық болды. Зерттеу Random Forest SVM-ге қарағанда сенімдірек екенін дәлелдеді және дәлдікті жақсарту үшін жаңа мүмкіндіктерді қосуды жоспарлап отырмыз.

**Түйін сөздер:** жылыту, желдету және ауаны баптау, температура, термиялық жайлылық, Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF).

**Introduction.** In the pursuit of optimizing built environments for human habitation, predicting thermal comfort emerges as a pivotal challenge. With climate change intensifying, the frequency and severity of extreme weather events are increasing, amplifying the significance of understanding and managing indoor thermal conditions. The need to predict thermal comfort stems from its profound impact on human health, productivity, and overall well-being. Inadequate thermal conditions, whether excessive heat or cold, can lead to discomfort, fatigue, and even health complications, thereby compromising individuals' quality of life and impeding productivity in various settings, including workplaces, educational institutions, and residential spaces.

Furthermore, the economic implications of disregarding thermal comfort cannot be overlooked. Suboptimal indoor climates contribute to increased energy consumption as occupants resort to heating or cooling systems to mitigate discomfort, resulting in inflated utility bills and environmental repercussions. Hence, there is a pressing need to develop reliable predictive models that anticipate occupants' thermal comfort preferences across diverse environmental conditions and architectural designs. These models should consider factors such as ambient temperature, humidity levels, clothing insulation, metabolic rates, and individual preferences to furnish accurate assessments of thermal comfort levels. Addressing this imperative requires interdisciplinary collaboration among architects, engineers, psychologists, and data scientists to integrate knowledge from environmental science, human physiology, and behavioral psychology. By leveraging advancements in sensor technology, data analytics, and machine learning algorithms, predictive models can be refined to offer real-time insights into thermal comfort dynamics, empowering building managers and occupants to optimize indoor environments for enhanced well-being and sustainable resource utilization. Let's look at how this all affects in more detail and with an example. Many people know that temperature is a very important factor for a person, when you start to get sick, the temperature of your blood rises and this gives you a signal that you have been poisoned or caught a cold. In a word, it signals that something has gone wrong in your body. Now how does the room temperature affect and why do we need a comfortable temperature? For example, consider a summer day when you start preparing for lessons or studying something, you close the door of your room so that the noise does not interfere with your studies and close the window because it is hot outside. But, here the opposite effect occurs, since you closed the door, you reduced the area of the room and the speed of airflow into your room. Further, carbon dioxide will be released, which will fill the room, thereby reducing the oxygen in the room and increasing the temperature of the room. Thus, you become a little distracted and lethargic. You can correct the situation by opening the door

of the room. Also, when you are late for a lesson or a meeting or an exam, you will release a stress hormone that will increase your body temperature and your heart rate, given that not only you are sitting in the exam, but about 40 people and everyone has an increased level of stress and this affects the fact that oxygen is quickly absorbed and replaced by carbon dioxide. This will heat up the temperature of the classrooms and reduce the efficiency level of the students inside. And therefore, usually at the beginning of the exam, some questions are not clear, then as the stress level decreases, then clarity of mind opens up. Usually, the door is opened for this because it has become hot, but there are HVAC or NV systems for this, which sometimes turn off or they do not work correctly. Thus, if the comfortable temperature recognition system works correctly, then by choosing the temperature, you can reduce the level of stress that will be at the beginning of the exam, thereby increasing efficiency. If it's cold in the classrooms, usually people fall asleep, you can notice it when you arrive early at 8 in the morning for the first lessons, this is because the human body feels cold and goes into an energy-saving mode like bears in hibernation. That's why thermal comfort prediction is a crucial aspect of building design and management as it determines the satisfaction level of occupants in a given space. Predicting thermal comfort involves analyzing various factors such as temperature, humidity, air velocity, and clothing insulation. Traditional methods of predicting thermal comfort rely on human comfort models, which can be subjective and time-consuming. In recent years, machine learning algorithms, such as Support Vector Machines (SVM) and Random Forest (RF), have been utilized to predict thermal comfort with high accuracy and efficiency. SVM and RF are both supervised learning algorithms that can be trained on a dataset of thermal comfort parameters and their corresponding human feedback to accurately predict thermal comfort in new environments.

**Literature review.** The Internet of Things (IoT) is revolutionizing the building management systems industry, with the number of connected devices expected to reach 125 billion by 2030.

However, the current BMS solutions are limited in flexibility, particularly in feedback control options. To fully harness the IoT paradigm, adaptive control algorithms and modular architectures have been explored.

The authors propose the "Semantically-Enhanced IoT-enabled Intelligent Control System" (SEMIoTICS) architecture, which exploits redundancy in control system capabilities and automatically implements alternative configurations based on quality-of-service criteria [1]. A study introduces a novel model that excludes gender and age factors in thermal comfort assessment. The model considers six thermal factors: air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, air speed, clothing insulation, and metabolic rate. The model is designed using Supervised Machine Learning in a commercial building [2]. A study in Bilbao, Spain, analyzes human thermal perception in response to external temperatures using KUBIK, an energy efficiency research facility, to improve indoor comfort and reduce energy consumption [3]. This study evaluates indoor thermal comfort using Fanger method and ASHRAE Standard 55, focusing on real-world conditions to maintain well-being, productivity, and energy conservation in buildings [4]. This study introduces a multiple preferencesbased model for predicting group thermal comfort in shared spaces, integrating individual preferences and environmental parameters. It segments occupants based on BMI, predicts individual comfort zones, and adjusts for group satisfaction [5]. Thermal comfort optimization in buildings is crucial for occupant well-being, productivity, and energy efficiency. Assessment involves models considering air temperature, humidity, radiant temperature, and speed. ASHRAE 55 standards define acceptable conditions. Alternative models like Artificial Neural Networks, hybrid ANN-fuzzy models, SVM, decision trees, fuzzy logic, and Bayes networks offer flexibility and accuracy [6]. Thermal comfort is a crucial aspect of indoor environmental quality, categorized into static, adaptive, and data-driven models. Static models like PMV, which integrate environmental and

personal factors, have limitations. Adaptive models consider psychological and behavioral factors, while data-driven models use sensor technology for realtime assessments [7]. The authors develop a building thermal model using low-resolution data from smart thermostats, enhancing accuracy and applicability across seasons. They adapt traditional empirical models into a data-driven approach, using surrogate features to approximate heat gains. The model can be implemented on edge devices or cloud infrastructure, offering advantages in data collection, model learning, and deployment [8]. Research on indoor thermal comfort has focused on innovative cooling systems like Thermoelectric Air Duct. Neural network models have shown accuracy in predicting comfort parameters, especially in dynamic environments. The relationship between climatic variables, occupant comfort, and system performance is crucial [9]. Thermal comfort prediction and energy optimization in buildings are crucial for occupant satisfaction and energy efficiency. Factors influencing comfort include metabolic rate, clothing insulation, and air temperature. Deep feedforward neural networks and reinforcement learning models help predict comfort levels. Monitoring and optimizing HVAC energy consumption is essential for building operation [10]. The authors present a novel methodology using machine learning, data mining, and statistics to develop predictive models for Combined Heat, Cooling, and Power (CHCP) systems. The methodology includes four stages: data preparation, data engineering, model building, and model evaluation. Data preparation involves retrieving failure events, labeling instances, and creating a comprehensive dataset. Data engineering enhances data representation through feature extraction and feature selection. The model building uses machine learning algorithms for classification and regression tasks. Model evaluation considers time to failure (TTF) and performance metrics for suitable selection [11]. The study explores thermal comfort in indoor environments using a novel approach called Relative Thermal Sensation (RTS). The RTS considers thermal sensation as a continuous function of time, providing a more nuanced understanding of human thermal

sensation. The authors propose a 3-point RTSS to gather real-time data on relative thermal sensation, capturing subtle changes in thermal perception that traditional discrete scales may not capture. The study also integrates RTS data with Absolute Thermal Sensation data from modified versions of the ASHRAE 7-point thermal sensation scale to develop a more comprehensive understanding of thermal comfort [12]. Interpretable thermal comfort systems are being explored to improve energy efficiency and occupant satisfaction in smart building environments. Traditional models like the Predicted Mean Vote (PMV) are often uninterpretable, making it difficult for building operators to understand the underlying mechanisms driving thermal comfort. Researchers have proposed interpretable thermal comfort systems using machine learning techniques like Partial Dependence Plots (PDP) and SHAP values. These techniques help operators understand the impact of environmental conditions on human comfort and the importance of different features under varying conditions. Additionally, interpretable ML algorithms can be used to develop surrogate models of existing comfort models [13].

In this paper, we will discuss the use of SVM and Random Forest algorithms for predicting thermal comfort in buildings. We will explore their strengths and weaknesses and compare their performance in different scenarios. The aim of this study is to provide a comprehensive understanding of the potential of these machine learning algorithms in predicting thermal comfort, which can help to build designers and facility managers optimize the indoor environment and improve the comfort of building

occupants.

**Materials and Methods.** The primary objective of this study is to offer a comprehensive understanding of the potential of machine learning algorithms in predicting thermal comfort. This knowledge can be instrumental in assisting designers and facility managers in optimizing the indoor environment, ultimately enhancing the comfort of building occupants.

#### *Hypotheses:*

Before commencing our experiments, we have formulated the following hypotheses:

##### 1) Data Preprocessing:

- It is essential to remove NaN values and set boundaries on the number of values in each column to ensure the selection of appropriate features.

- Utilizing the IQR (Interquartile Range) method for label value reduction to handle outliers effectively.

##### 2) Encoder Selection:

- The choice of encoder, whether it be OneHotEncoder, LabelEncoder, or Word2Vec, will be critical in transforming categorical variables into a format suitable for machine learning algorithms.

##### 3) Feature Selection with SelectKBest:

- Utilizing the SelectKBest model will assist us in identifying a list of features that are most relevant to the thermal comfort prediction.

##### 4) Feature Filtering:

- After initial filtering, we will choose variants of the features that closely correlate with temperature predictions.



**Figure 1 – Steps**

#### A. Dataset

The data was taken from the Kaggle dataset which was taken from the ASHRAE dataset [14]. The data has 70 columns and 107583 rows.

#### B. Filtering data

In the beginning, after looking at the description of the data, we do filtering, when viewing it, it turned out that some columns have little data. Because of this, filtering by quantity went on, and 60.000 lines

were taken by the border. Below this boundary, all data was deleted, then it was necessary to remove the Nan value, some rows could remain empty because we had 107583 rows from the beginning. One more

hypothesis to test, the idea is to use *IQR* (Inter Quartile Range) method to remove outliers if it is exist.

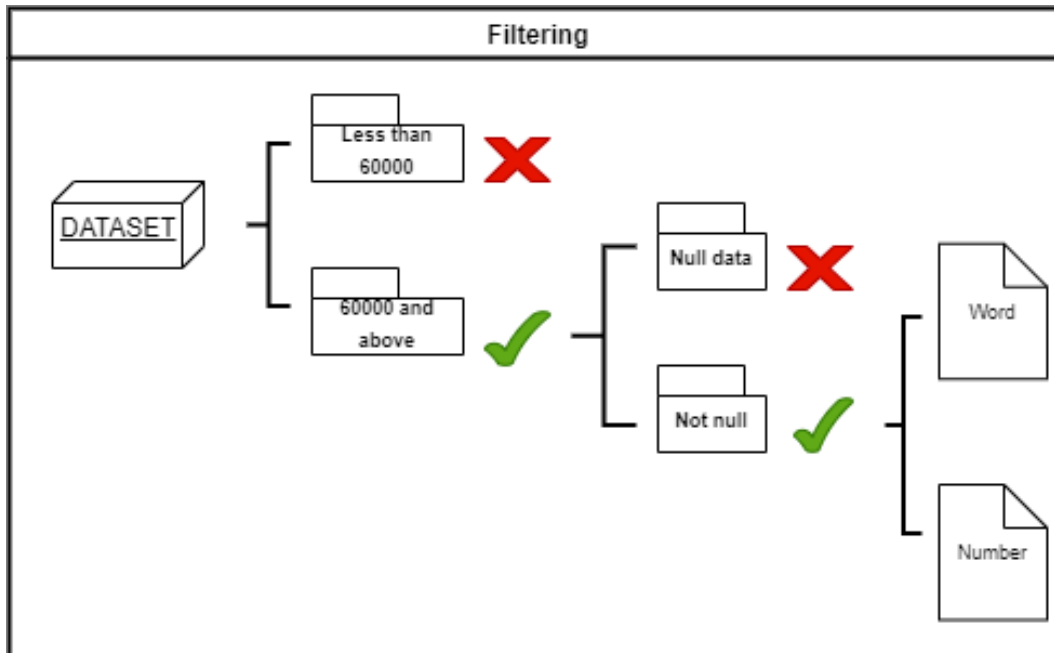


Figure 2 - Filtering scheme

C. Encoding

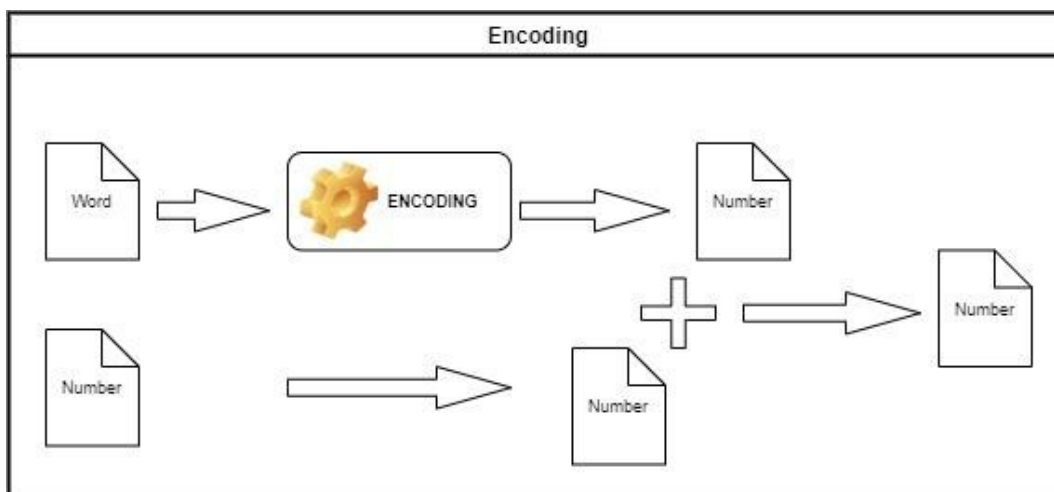


Figure 3 - Encoding scheme

When converting text to a number, there were two choices LabelEncoder or OneHotEncoder, the choice stopped at One- HotEncoder as it showed good results.

D. Feature selection

When choosing a feature, there were two ways to select using the SelectBest library or a correlation with some kind of restriction and with



the hypothesis. The choice settled on correlations using a boundary above 50% of correlations. For features, was used (Age, Clo, Sex, Met, Thermal preference, Year, Season, Koppen climate classification, Cooling strategy building level, City, PPD, Air temperature (C), Outdoor monthly air temperature (C), Relative humidity (%), Air velocity (m/s)) columns. This showed features are the final result, before that we tested a lot of feature combinations. All combinations and variations will

be presented in the Experiment section. As you can see, new features were added that helped improve the accuracy. The dataset was split into 80% for training and 20% for testing. Thermal comfort columns usually contained

values from 1 to 6. The next hypothesis, convert label values to integers. We will have unique 6 values, from 6 unique digits, we reduce thermal comfort values to 3 digits, which significantly improves accuracy.

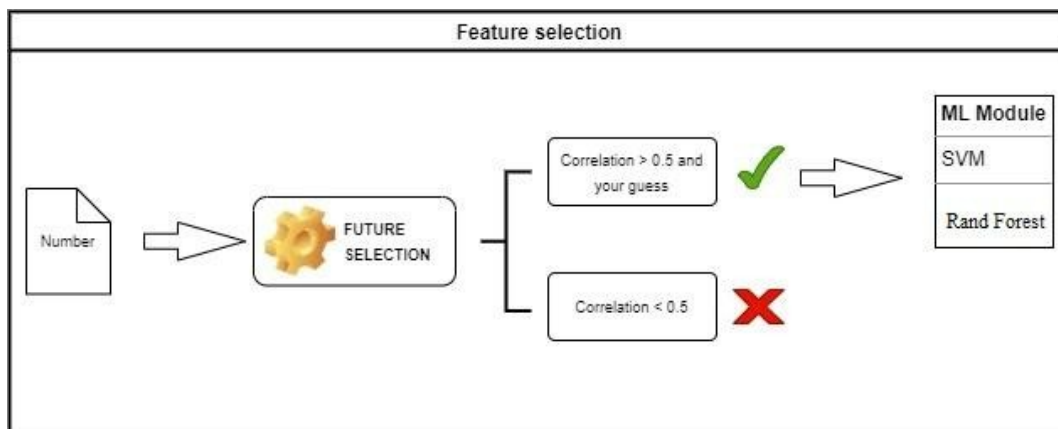


Figure 4 - Feature selection

#### E. Inter Quartile Range (IQR)

The Interquartile Range (*IQR*) is a statistical measure that represents the spread or dispersion of a dataset. The Interquartile Range (*IQR*) is a measure of statistical dispersion that is calculated as the difference between the third quartile (*Q3*) and the first quartile (*Q1*) of a dataset. Mathematically, it is defined as:

$$IQR = Q3 - Q1$$

where *Q1* is the median of the lower half of the dataset and *Q3* is the median of the upper half of the dataset.

The Interquartile Range (*IQR*) is a statistical measure used to assess the spread or dispersion of a dataset. It is particularly useful in identifying and dealing with outliers, which are data points that significantly differ from the rest of the dataset.

Here's how the *IQR* is calculated and how it can be used to remove outliers:

#### Calculation of IQR:

- Firstly, you need to arrange your dataset in ascending order.
- Then, find the median of the dataset, which is the middle value when the data is sorted. If the dataset has an odd number of observations, the median is the middle value. If it has an even number of observations, the median is the average of the two middle values.
- Divide the dataset into two halves at the median. The lower half contains all the values less than or equal to the median, and the upper half contains all the values greater than or equal to the median.
- Find the median of each half. This gives you the first quartile (*Q1*) and the third quartile (*Q3*) of the dataset, respectively.
- The Interquartile Range (*IQR*) is then calculated as the difference between *Q3* and *Q1*:  $IQR = Q3 - Q1$ .

#### Identifying outliers using IQR:

- Outliers can be detected using the *IQR* method by considering values that lie below  $Q1 - 1.5 \times IQR$  or above  $Q3 + 1.5 \times IQR$ . These values are considered to be significantly different from the rest of the dataset.
- Values below  $Q1 - 1.5 \times IQR$  or above  $Q3 + 1.5 \times IQR$  are commonly referred to as lower and upper bounds, respectively.
- Any data points falling outside these bounds can be considered outliers.

*Removing outliers using IQR:*

- Once outliers are identified using the *IQR* method, you can choose to remove them from the dataset to improve the robustness of your analysis or model.
- Outliers can be removed by filtering the dataset to exclude any observations that fall outside the lower and upper bounds defined by  $Q1 - 1.5 \times IQR$  and  $Q3 + 1.5 \times IQR$ , respectively.
- After removing outliers, the dataset may be more representative of the underlying distribution and less influenced by extreme values.

*Considerations:*

- While the *IQR* method is effective in identifying and removing outliers, it's important to exercise

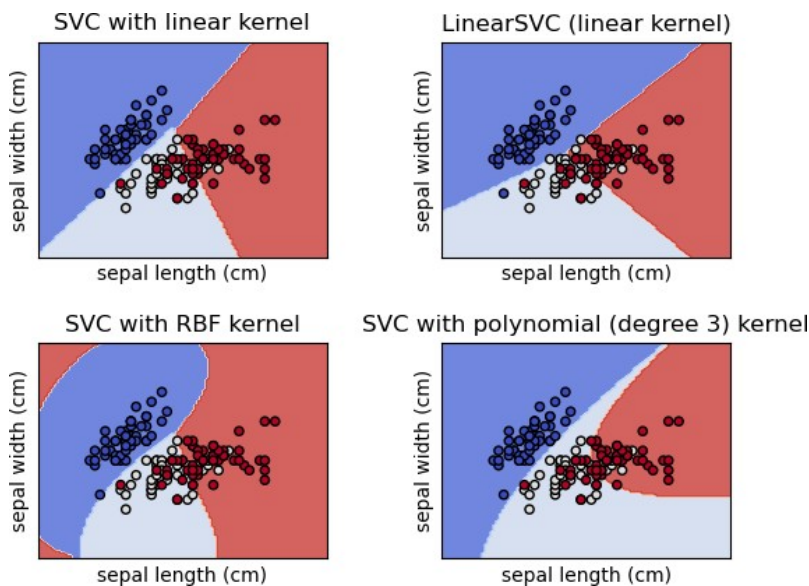
caution and consider the context of the data.

- Outliers may sometimes carry valuable information or be indicative of rare but important events. Therefore, the decision to remove outliers should be made judiciously based on the specific goals of the analysis or model.
- Additionally, the choice of the multiplier (1.5 in the conventional method) used to define the bounds can be adjusted depending on the desired level of sensitivity to outliers.

In summary, the Interquartile Range (*IQR*) is a useful statistical measure for assessing the spread of a dataset and identifying outliers. By calculating the *IQR* and defining bounds based on it, outliers can be effectively detected and removed, leading to a more robust analysis or model.

F. *Support Vector Machine (SVM)*

Support Vector Machine is a powerful supervised machine learning algorithm used for classification and regression tasks. SVM works by finding the optimal hyperplane that separates different classes or, in the case of regression, predicts continuous outcomes. The key concept behind SVM is to maximize the margin between different classes or, in regression, to minimize the error between predicted and actual values while controlling for overfitting.



**Figure 5 - Support Vector Machine**

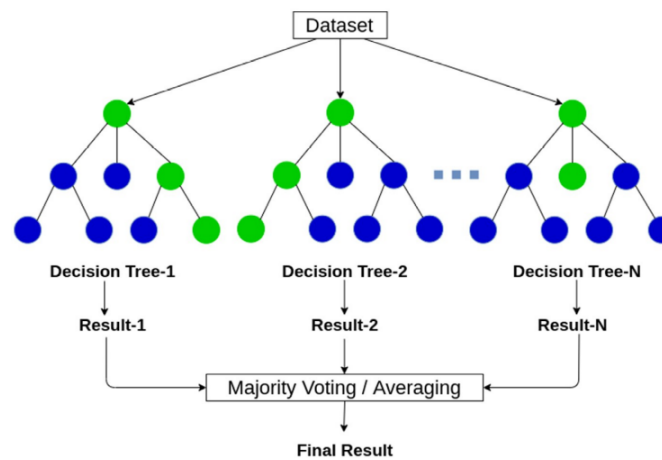
In the context of thermal comfort prediction, SVM can be utilized to analyze complex relationships between various environmental factors such as temperature, humidity, and air velocity, and the corresponding human thermal comfort responses. By training the SVM model on labeled datasets containing information about environmental conditions and associated thermal comfort ratings, the algorithm can learn to predict

the level of thermal comfort for a given set of environmental parameters.

#### G. *Random Forest (RF)*

Random Forest is a popular machine-learning algorithm that can be used for both classification and regression tasks. It is an ensemble learning method that combines multiple decision trees to create a more accurate and stable model.

## Random Forest



**Figure 6 - Random Forest**

Data preparation involves cleaning the data, dealing with missing values, and transforming it to ensure it is suitable for the algorithm. Random sampling is used to randomly select a subset of the data to use for training each decision tree. Decision tree creation is created using recursive partitioning and feature selection. Voting is used to combine the predictions of all the trees to make the final prediction. Evaluation is done using a validation set. Overall, the Random Forest algorithm is a powerful machine-learning method that can be used for a wide range of tasks. It is easy to use and can produce accurate and stable predictions even with noisy or incomplete data. When applied to thermal comfort prediction, Random Forest models excel in capturing nonlinear relationships and inter- actions among various environmental factors. By aggregating predictions from multiple

decision trees, Random Forest can provide accurate estimates of thermal comfort levels across different environmental conditions.

#### H. *Integration with IoT*

The IoT component of the system involves deploying a network of sensors within the building. These sensors collect real-time data on various environmental conditions, such as temperature, humidity, CO2 levels, and occupancy. Data from IoT sensors are transmitted to a central server for storage and analysis. Wireless communication protocols like Wi-Fi, Bluetooth, or LoRaWAN can be used for efficient data transfer. The AI models receive real-time data from the IoT sensors, enabling them to continuously update predictions and make immediate adjustments to the HVAC system for optimal thermal comfort. An important

aspect of the system is its ability to create a feedback loop that maintains thermal comfort. The AI algorithms analyze the real-time data from IoT sensors and make recommendations or control the HVAC system to ensure that thermal comfort is maintained. For instance, if the system detects a deviation from the desired comfort level, it can adjust the temperature, humidity, or airflow accordingly.

I. *Alternative prediction value*

So, an alternative way for predicting value we use the Thermal preference column instead Thermal comfort. If we do not switch from 6 digits to 3 as before.

**Results and Discussion.** After filtering, we have 21 columns out of 70. And we make feature selections using correlation. Moreover, we avoid choosing Fanger’s features. After one more filtering by correlation and with model SelectKbest which will help us to get the list of features. We get more than 3 variations, but we stopped in those variants:

- 1) First set of 17 features: (Age, Sex, Met, Thermal preference, Thermal sensation, Clo, Subjects height (cm), Subjects weight (kg), Year, Season, Koppen climate classification, Building type, Cooling strategy building level, Air temperature (C), Outdoor monthly air temperature (C), Relative humidity (%), Air velocity (m/s)).
- 2) Second set of 9 features: (Age, Sex, Met, Clo, Year, Season, Air temperature (C), Relative humidity (%), Air velocity (m/s)).
- 3) Third set of 15 features: (Age, Clo, Sex,

Met, Thermal preference, Year, Season, Koppen climate classification, Cooling strategy building level, City, PPD, Air temperature (C), Outdoor monthly air temperature (C), Relative humidity (%), Air velocity (m/s))

In the end, we have 17 columns and 6765 rows. Starting work, we first take 17 out of 17 columns, we get not good results. Second iteration we take 9 out of 17 columns they also give results around the first iteration. In the last iteration, we take 15 out of 17 columns results are not good either. For that situation, we tested our hypothesis and IQR method gives approximately 3-4% accuracy, and the reducing label values method gives 20-23% accuracy. By changing the parameters of the models we define good parameters for our case then for the SVM model, the parameters were taken as *kernel* = "rbf", *gamma* = 0.001, and *c* = 3. And for the Random Forest, the parameters were taken as *estimators* = 300, *max depth* = 15. These parameters gave the maximum accuracy values. The results of comparing the use of LabelEncoder and OneHotEncoder in the dataset give a 2-4% percent difference between them. Regardless of the features, and what parameters have been entered. This influenced the fact to take OneHotEncoder. If you do data standardization, the accuracy results will not change much and remain practically the same. For standardization, we used StandardScaler and MinMaxScaler models.

Below are presented 1, 2, and 3 tables the beginning results of our prediction:

**Table 1 - Iteration of 17 features**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.509	0.451	0.509	0.436
RF	0.543	0.505	0.543	0.5

**Table 2 - Iteration of 9 features**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.507	0.461	0.507	0.438
RF	0.526	0.513	0.526	0.49

**Table 3 - Iteration of 15 features**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.533	0.448	0.533	0.433
RF	0.54	0.475	0.539	0.482

According to above results, we tried to improve accuracy using our hypothesis. Below presented 4, 5, and 6 tables show the results of *IQR* method:

**Table 4 - Iteration of 17 features with *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.522	0.44	0.522	0.441
RF	0.548	0.517	0.548	0.504

**Table 5 - Iteration of 9 features with *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.507	0.44	0.383	0.424
RF	0.52	0.501	0.52	0.479

**Table 6 - Iteration of 15 features with *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.563	0.539	0.563	0.425
RF	0.57	0.494	0.57	0.5

From previous results, *IQR* method upgrades accuracy approximately to 2-5%. Next, we work with the reduction of label values to increase the accuracy:

**Table 7 - Iteration of 17 features with reducing labels**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.715	0.644	0.715	0.614
RF	0.744	0.708	0.744	0.704

**Table 8 - Iteration of 9 features with reducing labels**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.688	0.598	0.688	0.569
RF	0.699	0.657	0.699	0.645

**Table 9 - Iteration of 15 features with reducing labels**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.78	0.608	0.78	0.683
RF	0.78	0.719	0.78	0.727



Adding *IQR* method to the reduced features and get such results:

**Table 10 - Iteration of 17 features with reducing labels and *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.726	0.598	0.726	0.621
RF	0.733	0.678	0.733	0.688

**Table 11 - Iteration of 9 features with reducing labels and *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.706	0.498	0.706	0.584
RF	0.717	0.668	0.717	0.653

**Table 12 - Iteration of 15 features with reducing labels and *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.835	0.697	0.835	0.76
RF	0.821	0.738	0.821	0.766

There was also work on the alternative method. Here Thermal comfort and Thermal preference will change places. And now we will predict Thermal preference.

**Table 13 - Alternative iteration of 15 features**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.68	0.714	0.68	0.605
RF	0.714	0.712	0.714	0.685

**Table 14 - Alternative iteration of 15 features with reducing labels**

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.67	0.698	0.67	0.584
RF	0.705	0.702	0.705	0.673

**Table 15 - Alternative iteration of 15 features with reducing labels and *IQR***

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1 score
SVM	0.694	0.55	0.694	0.577
RF	0.709	0.676	0.709	0.651

**Conclusion.** As a result, we pass a verdict considering the option with guessing Thermal that added *IQR* method, we worked with new 8 comfort and Thermal preference, the difference features and 7 features were already in other articles, between the two algorithms is 1-3%. Basically

Random Forest looks more stable than SVM. I would also like to note that the alternative version was in the lead in 9 and 15 features, Table 3 and Table 13. But, when we started converting from 6 to 3 Thermal comfort values and added *IQR* method, our main option immediately won. In the future, I will add new features to improve accuracy. For example, one of them is Heart Rate Variability (HRV) [11]. On top of that, I want to test neural networks and deep learning as I have seen good results with these algorithms. I also considered these [15, 16] papers for the basis of a new work. Some commonly used algorithms for this purpose include Convolutional Neural Networks (CNNs), Recurrent Neural Networks (RNNs), Long Short-Term Memory (LSTM) Networks, Autoencoders, and Deep Belief Networks (DBNs).

### References

1. Christos G. Polycarpou, Marios M. Milis, George M. Panayiotou. Iot-enabled automatic synthesis of distributed feedback control schemes in smart buildings.// IEEE Internet of Things Journal.- 2021.-Vol.8, Iss.4.- P.2615-2626. DOI 10.1109/JIOT.2020.3019662
2. Mulyana Binti Bin Omar, Ridha Mohamed Salleh and Faridah Hani Saripuddin. Predicting thermal comfort of hvac building using 6 thermal factors.// 8th International Conference on Information Technology and Multimedia (ICIMU).-2020. DOI 10.1109/ICIMU49871.2020.9243466
3. Sara Sorcinelli, Matteo Arnesano, Marco Uriarte, Amaia Torrens-Galdiz, J. Ignacio Revel, Gian Marco Morresi and Nicole Casaccia. Sensing physiological and environmental quantities to measure human thermal comfort through machine learning techniques//IEEE Sensors Journal. -2021.-Vol.21. - Iss.10.-P. 12322-12337. DOI 10.1109/JSEN.2021.3064707
4. Juliana Caesarendra, Wahyu Shona Laila, Dina Candra Kurnia, Jundika Widiastuti and Ratih Zaini. Prediction on the indoor thermal comfort of occupied room based on iot climate measurement open datasets // International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS).- 2020. DOI 10.1109/ICIMCIS51567.2020.9354277
5. Yadong Xu, Zhanbo Wu, Jiang Liu, Yaping Guo, Yuntao Guan, Xiaohong Su and Ying Zhou. Group comfort models: Predicting indoor group thermal comfort by learning preferences of multiple occupants.// IEEE 16th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE).- 2020. DOI 10.1109/CASE48305.2020.9216834
6. M. Hani Mohamed Salleh and Faridah Binti Saripuddin. Monitoring thermal comfort level of commercial buildings' occupants in a hot-humid climate country using k-nearest neighbors model.// 5th International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE).- 2020. DOI 10.1109/ICPRE51194.2020.9233145
7. Moez Merghem-Boulahia, Leila Khalil and Maysaa Esseghir. An iot environment for estimating occupants' thermal comfort// IEEE 31st Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications.- 2020. <https://doi.org/10.1109/PIMRC48278.2020.9217157>
8. Manisa Chen, Tao Rahman, Saifur Zhang and Xiangyu Pipattanasomporn. An iot-based thermal model learning framework for smart buildings.// IEEE Internet of Things Journal.- Vol. 7, Iss. 1.-2020.-P. 518-52. DOI 10.1109/JIOT.2019.2951106
9. Asif Irshad Irfan, Sayed Ameenuddin Alam, Md Mottahir Almalawi, Abdulmohsen Zahir, Md Hasan Irshad and Kashif Khan. Utilizing artificial neural network for prediction of occupants thermal comfort: A case study of a test room fitted with a thermoelectric air-conditioning system.// IEEE Access.-Vol. 8-2020.-P. 99709 – 99728. DOI 10.1109/ACCESS.2020.2985036
10. Jie Wen, Yonggang Gao and Guanyu Li. Deepcomfort: Energy-efficient thermal comfort control in buildings via reinforcement learning.// IEEE Internet of Things Journal. – 2020. - Vol. 7(9). –P. 8472-8484

DOI 10.1109/IIOT.2020.2992117

11. Burak Shi, Zixiao Shen, Weiming Yang and Chunsheng Gunay. Machine learning-based prognostics for central heating and cooling plant equipment health monitoring.// IEEE Transactions on Automation Science and Engineering/. – 2021.- Vol.18(1).- P. 346–355. DOI 10.1109/TASE.2020.2998586

12. Hiroshi Matsubashi, Ryuji Wang and Ziyang Onodera,. Proposal of relative thermal sensation: Another dimension of thermal comfort and its investigation.// IEEE Access. – 2021.- P.(99):1-1

DOI 10.1109/ACCESS.2021.3062393

13. Yonggang Tseng, King Jet Jin, Guangyu Zhang and Wei Wen. Demystifying thermal comfort in smart buildings: An interpretable machine learning approach.// IEEE Internet of Things Journal.-2021.- Vol.8,Iss.10.-P.8021-8031. DOI 10.1109/IIOT.2020.3042783

14. SHRAE dataset, “ASHRAE Global Thermal Comfort Database II”, 2020, <https://www.kaggle.com>

15. Nivethitha Somu, Anirudh Sriram, Anupama Kowli, Krithi Ramamritham. A hybrid deep transfer learning strategy for thermal comfort prediction in buildings//Building and Environment.-2021.- Vol.204: 108133. DOI 10.1016/j.buildenv.2021.108133

16. Hansaem Park, Dong Yoon Park Prediction of individual thermal comfort based on ensemble transfer learning method using wearable and environmental sensors// Building and Environment.-2022.- Vol.207: 108492. DOI 10.1016/j.buildenv.2021.108492

*Information about the authors*

Assymkhan N.B. – master of Kazakh-British Technical University, e-mail: [anb.asymhan@gmail.com](mailto:anb.asymhan@gmail.com);

Kartbaev A. – PhD, Associate professor, Kazakh-British Technical University, e-mail: [a.kartbaev@kbtu.kz](mailto:a.kartbaev@kbtu.kz);

*Сведения об авторах*

Асымхан Н.Б. – магистрант Казахстанско-Британский Технического Университета, e-mail: [anb.asymhan@gmail.com](mailto:anb.asymhan@gmail.com);

Картбаев А. – PhD, ассоциированный профессор, Казахстанско-Британский Технический Университет, e-mail: [a.kartbaev@kbtu.kz](mailto:a.kartbaev@kbtu.kz);

**МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СҮТ БЕЗДЕРІНІҢ АУРУЛАРЫН ТИІМДІ ДИАГНОСТИКАЛАУ****А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

✉ Корреспондент-автор: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru)

Бұл мақала заманауи машиналық оқыту технологияларын, атап айтқанда, You Only Look Once (YOLOv8) және Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN) пайдалана отырып, сүт бездерінің патологиясын тиімді анықтау әдістерін зерттеуге және дамытуға бағытталған. Мақалада сүт безі ауруларын диагностикалаудың қолданыстағы тәсілдеріне талдау жасалып, олардың тиімділігі бағаланады. YOLOv8 және Faster R-CNN архитектуралары маммографиялық кескіндердегі патологияларды анықтау үлгілерін жасау үшін қолданылады. Зерттеу әртүрлі ауырлық дәрежесін және аурудың сипаттамаларын ескере отырып, алты түрлі деңгейде анықталған сүт безі патологияларын жіктейді және талдайды. Бұл әдіс аурудың дамуын дәлірек бағалауға мүмкіндік береді және емдеуді жекелендірілген жоспарлау үшін қосымша ақпаратты ұсынады. Осы деңгейлердегі жіктеу нәтижелері медициналық шешімдер қабылдау сапасын жақсартып алады және дәрігерлерге дәлірек ақпарат береді, дәлірек айтсақ, сүт безі ауруларын диагностикалау мен емдеудің жалпы тиімділігін арттырады. Эксперименттік нәтижелер сүт бездерінің ықтимал патологияларын жылдам және сенімді анықтауға мүмкіндік беретін жоғары дәлдік пен кескінді жылдам өңдеуді көрсетеді. Зерттеу нәтижелері медициналық диагностикада машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігін растайды, ерте диагностика мен емдеу нәтижелерін жақсарту үшін сүт безі ауруларын анықтаудың автоматтандырылған жүйелерін одан әрі дамыту әлеуетін көрсетеді.

**Түйін сөздер.** Терең оқыту, Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN), You Only Look Once (YOLOv8), деректер базасы, модель.

**ЭФФЕКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ****А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов**Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,  
e-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru)

Данная статья сосредоточена на исследовании и разработке методов эффективного обнаружения патологий молочной железы с использованием современных технологий машинного обучения, в частности You Only Look Once (YOLOv8) и Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN). В статье представлен анализ существующих подходов к диагностике заболеваний молочной железы и дана оценка их эффективности. Архитектуры YOLOv8 и Faster R-CNN используются для разработки моделей обнаружения патологий на маммографических снимках. Исследование классифицирует и анализирует выявленные патологии молочной железы на шести различных уровнях с учетом различной степени тяжести и характеристик заболеваний. Этот метод позволяет более точно оценить прогрессирование заболевания и предлагает дополнительные сведения для более персонализированного планирования лечения. Результаты классификации на этих уровнях могут повысить качество принятия медицинских решений и предоставить врачам более точную информацию, в конечном итоге повышая общую эффективность диагностики и лечения заболеваний молочной железы. Экспериментальные результаты показывают высокую точность и быструю обработку изображений, что позволяет быстро и надежно обнаруживать потенциальные патологии молочной железы. Результаты исследования подтверждают эффективность алгоритмов машинного обучения в медицинской

диагностике, подчеркивая потенциал дальнейшего развития автоматизированных систем обнаружения заболеваний молочной железы для улучшения ранней диагностики и результатов лечения.

**Ключевые слова.** Глубокое обучение, Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN), You Only Look Once (YOLOv8), база данных, модель.

## EFFECTIVE DIAGNOSTICS OF BREAST DISEASES USING MACHINE LEARNING METHODS

A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: tussupov@mail.ru

This study focuses on researching and developing methods for the efficient detection of breast pathologies using modern machine learning technologies, specifically You Only Look Once (YOLOv8) and Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN). The paper provides an analysis of existing approaches to diagnosing breast diseases and evaluates their effectiveness. The YOLOv8 and Faster R-CNN architectures are employed to develop models for detecting pathologies in mammography images. The research classifies and analyzes identified breast pathologies at six different levels, considering varying degrees of severity and characteristics of the diseases. This method enables a more accurate assessment of disease progression and offers additional insights for more personalized treatment planning. Classification results across these levels can enhance medical decision-making quality and provide doctors with more precise information, ultimately improving the overall efficiency of breast disease diagnosis and treatment. Experimental results show high accuracy and rapid image processing, enabling fast and reliable detection of potential breast pathologies. The findings confirm the effectiveness of machine learning algorithms in medical diagnostics, highlighting the potential for further advancements in automated breast disease detection systems to enhance early diagnosis and treatment outcomes.

**Keywords.** Deep learning, Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN), You Only Look Once (YOLOv8), database, model.

**Кіріспе.** Қазіргі заманғы медициналық диагностикалық технологиялар [1-4] машиналық оқыту мүмкіндіктері мен қағидаларын ауруларды анықтаудың дәлдігі мен тиімділігін арттыру мақсатында қарқынды түрде даму үстінде [5, 6]. Әйелдер денсаулығын қорғаудағы маңызды мәселелердің бірі – сүт безі ауруларын [7-10], соның ішінде қатерлі ісіктің әртүрлі түрлерін [11-12] және басқа да бұзылыстарды анықтау болып табылады. Бұл мақалада сүт безі патологиясын анықтаудың тиімді әдістері қарастырылып, оның өзектілігі ерекше атап өтіледі. Машиналық оқыту, атап айтқанда, You Only Look Once (YOLOv8) [13-16] және Faster Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN) [17-18] алгоритмдері талдау процесін автоматтандыруда келешегі зор құралдар ретінде ұсынылады. Аталған әдістер маммографиялық суреттерден ықтимал патологияларды анықтап қана қоймай, оларды әртүрлі ауырлық деңгейлеріне классификациялауға мүм-

кіндік береді. Бұл тәсіл сүт безі ауруларын ерте анықтау және жеке емдеу әдістерін қолдануға жаңа мүмкіндіктер ашады [19-20].

Бұл зерттеуде біз YOLOv8 және Faster R-CNN алгоритмдерін пайдалана отырып, сүт безі патологияларын анықтаудың тиімді әдістерін әзірлеуге және тестілеуге назар аударамыз. Аталған әдістерді талдау, салыстыру және олардың медициналық тәжірибедегі қолданылуы сүт безі ауруларын диагностикалау мен емдеу саласын елеулі түрде жетілдіріп, диагностикалық процедуралардың дәлдігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сүт безі патологияларын диагностикалаудың заманауи әрі тиімді әдістеріне қолжетімділікті қамтамасыз ету денсаулық сақтау стратегиясының маңызды бөлігін құрайды. Сүт безінің аурулары, соның ішінде сүт безі қатерлі ісігі, әйелдер денсаулығына ең жиі кездесетін әрі қауіпті аурулардың бірі болып табылады. Осыған орай, машиналық оқытудың алдыңғы қатарлы техно-



логияларын қолдану скрининг пен диагностика сапасын жақсартып, ауруды анықтау мен емдеуді бастау арасындағы уақытты қысқартудың тиімді құралы бола алады. Алайда, осындай артықшылықтарына қарамастан, медициналық практикаға машиналық оқыту алгоритмдерін енгізу олардың дәлдігі мен сенімділігін, сондай-ақ денсаулық сақтау саласындағы деректер қауіпсіздігі стандарттарына сәйкестігін мұқият зерттеуді қажет етеді. Бұл мақалада машиналық оқыту технологияларын медициналық тәжірибеге қалай тиімді интеграциялауға болатынын және оларды қауіпсіз әрі тиімді пайдалану үшін қандай шаралар қабылдау керектігін қарастырамыз.

Бұл зерттеу нәтижесінде біз сүт безі патологияларын анықтаудың жаңа, тиімді әдістерін енгізуді ғана көздеп қоймай, сондай-ақ олардың медициналық тәжірибеде қолдану мүмкіндігін көрсетіп, сүт безі ауруларын диагностикалау мен емдеуді жетілдіруге елеулі үлес қосуды мақсат етеміз. Технологияның үздіксіз дамуы және денсаулық сақтау саласындағы өсіп келе жатқан қажеттіліктер аясында сүт безі патологияларын анықтау [21], [22] әлемдік денсаулық сақтаудағы маңызды мәселеге айналып отыр. Сүт безі қатерлі ісігі – әйелдер арасында ең жиі кездесетін әрі өлімге әкелетін онкологиялық аурулардың бірі болып қала береді. Заридзе Д.Г. және т.б. [23] мақаласында қатерлі ісіктерден болатын өлім-жітімді азайтуға алғашқы профилактиканы, скринингтік тексеруді және емдеуді қоса алғанда, ғылыми негізделген кешенді мақсатты бағдарламаны іске асыру нәтижесінде ғана қол жеткізуге болатынын зерттеген. Давыдов М. И. және т.б. [24] өз мақаласында симптомсыз ісіктерді ерте анықтау және оны емдеу, сонымен қатар скрининг өлімді азайтуға әкелетіндігі туралы жазған. [25] мақала сүт безі қатерлі ісігінің аурушандық, өлім және өмір сүрудегі негізгі факторларын және олардың рөлін анықтаған. Бұл жұмыстардың жалпы бағыты қатерлі ісікті алдын алу.

[26] мақалада конволюционды нейрондық желілерге (CNN) негізделген кескіндерді классификациялау алгоритмдеріне шолу жасалған. Авторлар қашықтықтан зондтау мақсатында

CNN қолданудың негізгі архитектуралары мен әдістерін, сондай-ақ қол жеткізілген нәтижелерді талқылайды, әсіресе кескінді классификациялаудың дәлдігі мен тиімділігін арттыру мәселесіне ерекше назар аударады. Ал [27] мақалада Пап-тест кескіндерін классификациялау үшін цитопатологтарға арналған ансамбльдік терең оқыту әдісі сипатталады. Авторлар диагностикалық дәлдікті арттыру мақсатында бірнеше терең оқыту модельдерін біріктіретін жүйе әзірлеген. Бұл әдіс медициналық бейнелерді талдау процесін автоматтандыруға көмектесіп, мамандардың жұмыс жүктемесін азайтуға ықпал етеді. [26] және [27] еңбектерді талдау нәтижесінде, терең оқыту әдістері, әсіресе конволюционды нейрондық желілер мен ансамбльдік оқыту, кескін классификациясын әртүрлі салаларда жақсартуда маңызды рөл атқаратыны анықталды. Бұл технологиялар талдау дәлдігі мен тиімділігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар процестерді автоматтандыруға, мамандардың жұмысын жеңілдетуге және диагностика мен деректерді өңдеудің сапасын жақсартуға ықпал етеді. Жасанды интеллект қолдану арқылы маммографиядан алынған кескіндер, клиникалық, генетикалық және патологиялық деректерді біріктіру тәуекел модельдерін жетілдіруге мүмкіндік береді. Жаңа бейнелеу әдістері, генетикалық тестілеу және молекулярлық профильдеу қауіп модельдерінің дәлдігін арттыруға ықпал етеді. Аурудың күрделілігі, деректердің шектеулі болуы және модельдерді енгізу параметрлері де зерттеуде талқыланады. Ерте анықтау және емдеу нәтижелерін жақсарту үшін пәнаралық тәсілдің маңыздылығы ерекше атап өтіледі. Медициналық диагностикадағы прогресті ескере отырып, сүт безі ауруларын тиімді әрі уақытылы анықтау қажеттілігі артып келеді, бұл машиналық оқыту әдістері сияқты инновациялық технологияларды енгізуді талап етеді. YOLOv8 және Faster R-CNN секілді машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану арқылы автоматтандырылған медициналық кескін талдауында жаңа мүмкіндіктер ашылып, диагностика сапасы айтарлықтай жақсарады, бұл өз кезегінде сәтті емдеу ықтималдығын арттырады. Бұл зерттеу осы әдістердің медицинадағы

маңыздылығын және сүт безі патологияларын емдеуде олардың әлеуетін көрсетуге бағытталған.

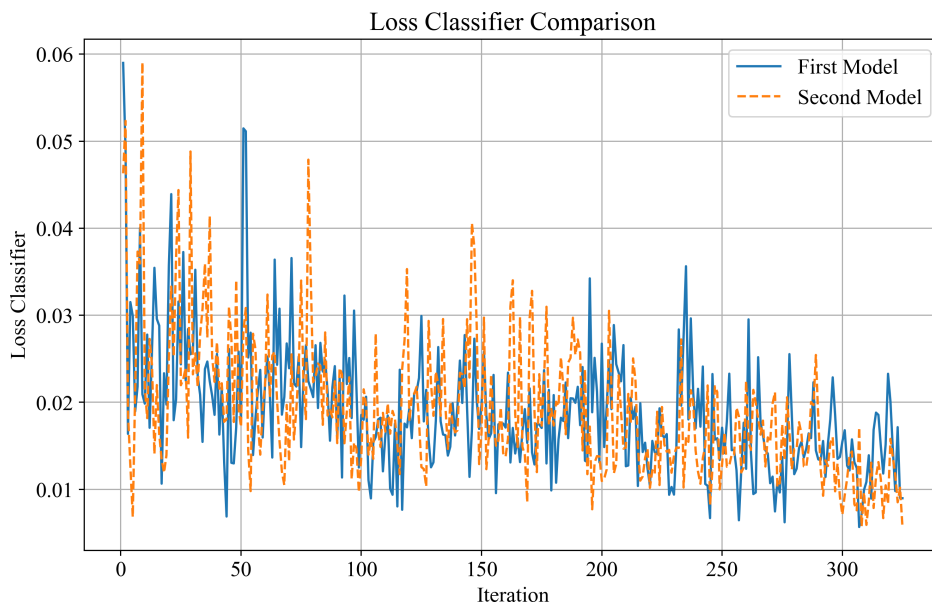
**Материалдар мен әдістер.** Бұл зерттеу сүт бездерінің маммографиялық кескіндеріндегі патологияларды анықтауға арналған екі жетілдірілген компьютерлік көру алгоритмін оқытуды талдайды: You Only Look Once (YOLOv8) және Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN). Алайда, олардың тиімділігі мен сенімділігін толығымен растау үшін контрастты күшейту және тін құрылымының маңызды бөлшектерін айқындау мақсатында кескінді өңдеу әдістері, мысалы, пиксель мәндерін қалыпқа келтіру және гистограмманы теңестіру, қолданылып, әртүрлі әрі көлемді деректер базасында қосымша сынақтар қажет. Деректерді алдын ала өңдеудің бірегей әдістерінің бірі – аномальды аймақтарды маска ретінде белгілеу болды, бұл аномалиялардың шектеу ұяшықтарын (Bounding Boxes) тиімді бөлектеуге мүмкіндік берді. Бұл маскалар патологияның түрі мен деңгейі туралы ақпарат беретін модельдерге аннотация ретінде қолданылды. Модельдерді оқыту мен тексерудің сапасын қамтамасыз ету үшін деректер оқыту және валидация жиындарына бөлінді. Оқыту процесі YOLOv8 және Faster R-CNN модельдері бойынша 1-суретте көрсетілгендей екі модель бойынша өтті. Алдын ала дайындалған салмақтар қолданылып, модельдер бірнеше оқу дәуірлері бойы жаттығудан өтті. Валидация кезінде модельдердің валидациялық деректер базасындағы өнімділігі бағаланды. Нәтижелер жоғалтудың, дәлдіктің және F1 өлшемінің оқу дәуірлеріне тәуелділігін көрсететін графиктер арқылы талданды. Медициналық бейнелерден аномалияларды анықтау үшін компьютерлік модельдерді оқыту күрделі әрі көпқырлы процесс болып табылады. Осы зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, YOLOv8 және Faster R-CNN модельдерінің медициналық диагностикада, әсіресе маммографиялық суреттердегі сүт безі патологияларын анықтауда перспективалары бар деген қорытынды жасауға болады. Дегенмен, олардың тиімділігін және сенімділігін дәлелдеу үшін қосымша сынақтар қажет, сонымен қатар ықтимал қателіктерді талдау және түзету үшін модельдерді одан әрі зерттеу маңызды.

Модельдің дәлдігі мен жалпылау қабілеті арасында оңтайлы тепе-теңдікке қол жеткізу үшін гиперпараметрлерді, соның ішінде регуляризация параметрлері мен оқу жылдамдығын мұқият баптау маңызды қадам болып табылады. Сонымен қатар, Faster R-CNN моделінің жалпы өнімділігі мен тұрақтылығын бағалау мақсатында валидация және сынақ модельдерінде тестілеу жүргізіледі. Зерттеу Faster R-CNN-ның оқыту және тестілеу нәтижелерін дәлдік, еске түсіру және F1-өлшем сияқты көрсеткіштерді пайдаланып салыстырмалы талдаудан басталады. Бұл көрсеткіштер модельдің сүт безі патологияларын дәл анықтау және локализациялау қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Кейіннен Faster R-CNN моделінің жоғары дәлдікпен патологияны анықтау артықшылықтарын көрсету үшін, 2-суретте көрсетілгендей, YOLOv8 сияқты баламалы әдіспен салыстыру жүргізіледі.

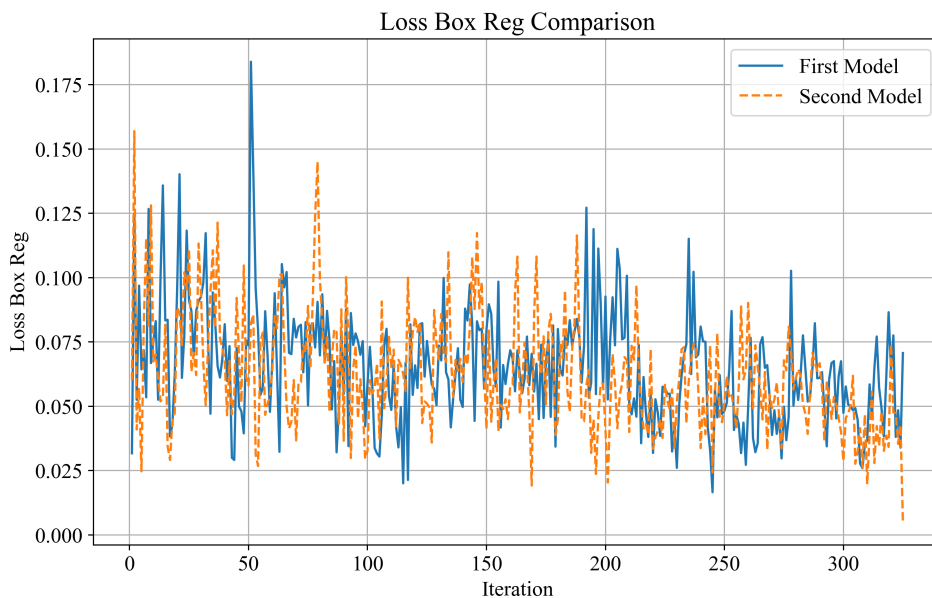
Әдістеме Faster R-CNN-ның соңғы нәтижелеріне оқу моделінің мөлшері мен түрлі оқу параметрлерінің әсерін талдауға бағытталған. Бұл сүт бездерінің патологияларын анықтау кезінде максималды дәлдікке қол жеткізу үшін оңтайлы параметрлер мен жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді. Соңғы нәтижелер мен қорытындылар медициналық тәжірибеде сүт безі патологиясын жоғары дәлдікпен анықтаудың тиімді құралы ретінде Faster R-CNN әдісін таңдаудың негізін құрайды. Әдістеме сонымен қатар, Faster R-CNN арқылы анықталған патологияларды автоматтандырылған және қолмен талдау механизмдерімен сапаны бақылау жүйесін құруды көздейді. Бұл кезең нақты клиникалық тәжірибеде модель нәтижелерінің сенімділігі мен дәлдігін тексеруге бағытталған. Анықталған өзгерістерді медициналық мамандардың қолмен тексеруі патологияларды дәл анықтауға қосымша сенімділік деңгейін қамтамасыз етеді, әсіресе жоғары дәлдік аса маңызды болған жағдайда. Бұдан бөлек, әдістеме Faster R-CNN моделін нақты уақытта немесе шын уақыт режимінде қолдану үшін қажетті есептеу ресурстарын талдауды қамтиды. Бұл әзірленген әдісті диагностикалық тиімділігі жоғары медициналық мекемелерге интеграциялау мүмкіндігін

қарастырған кезде маңызды аспект болып табылады. Faster R-CNN нәтижелерін басқа машиналық оқыту әдістерімен және маммографиядағы дәстүрлі тәсілдермен салыстыру сүт безі патологиясын анықтаудағы осы әдістің артықшылықта-

рын айқындайды. Ұсынылған тәсіл диагностика сапасын айтарлықтай жақсартуға және сүт безі ауруларын ерте анықтау арқылы тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.



1-сурет. Екі модель үшін классификатор жоғалтуының графикалық салыстырылуы



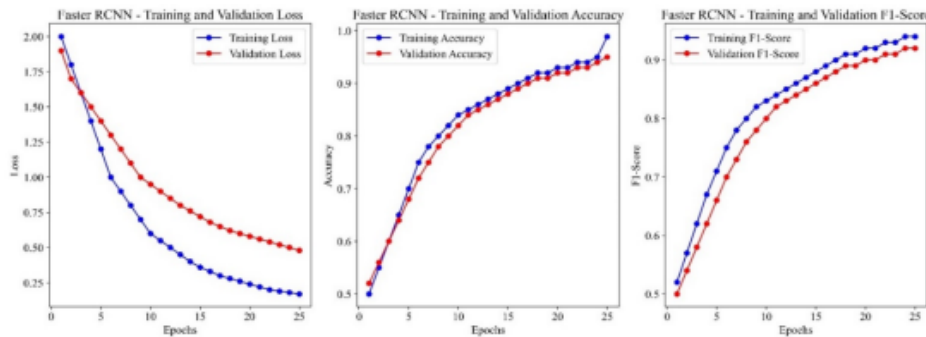
2-сурет. Екі модель арасындағы рамканың регрессия жоғалтуын салыстыру

**Нәтижелер және талқылау.** Бұл жұмыста біз сүт безі аномалияларын анықтау үшін маммография деректер базасында оқытылған екі

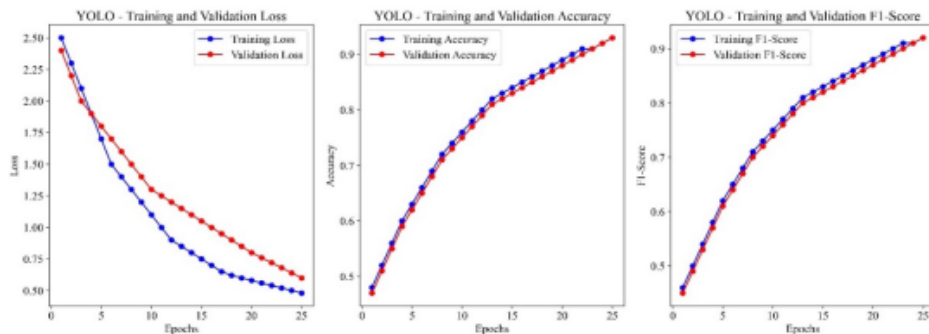
негізгі модельді: Faster R-CNN және YOLOv8-ді қарастырамыз. Осы модельлердің жаттығу нәтижелері жаттығу және валидацияның жоғалуы,

дәлдік және F1-өлшемі сияқты көрсеткіштер түрінде тіркелді. Faster R-CNN-ның оқыту және валидация жоғалтуының графигі оқыту дәуірі барысында деректер базасындағы жоғалтудың қалай төмендейтінін көрсетеді. Бұл модельдің қателерді азайта отырып, жалпылау қабілетін сәтті жақсарып жатқанын білдіреді. Қисықтардың конвергенциясы, сондай-ақ, оқу және валидация деректер базасында жоғары дәлдік пен F1 көрсеткішінің байқалатындығы артық сәйкестіктің

жоқтығын көрсетеді. Faster R-CNN үшін оқыту және тестілеу дәлдіктері әр дәуір сайын тұрақты түрде өсіп, жаттығудың соңында шамамен 0,99 мәніне жетеді. Бұл модель деректердегі модельдерді сәтті танып, болжамдарының барған сайын дәлірек болып келе жатқанын көрсетеді. Осыған ұқсас жетістіктер 3-суретте көрсетілген F1 ұпайында байқалады, ол дәлдік пен еске түсіру арасындағы тепе-теңдікті көрсетіп, 0,97-ге жақындайды.



3-сурет. Faster R-CNN моделін оқыту нәтижелері



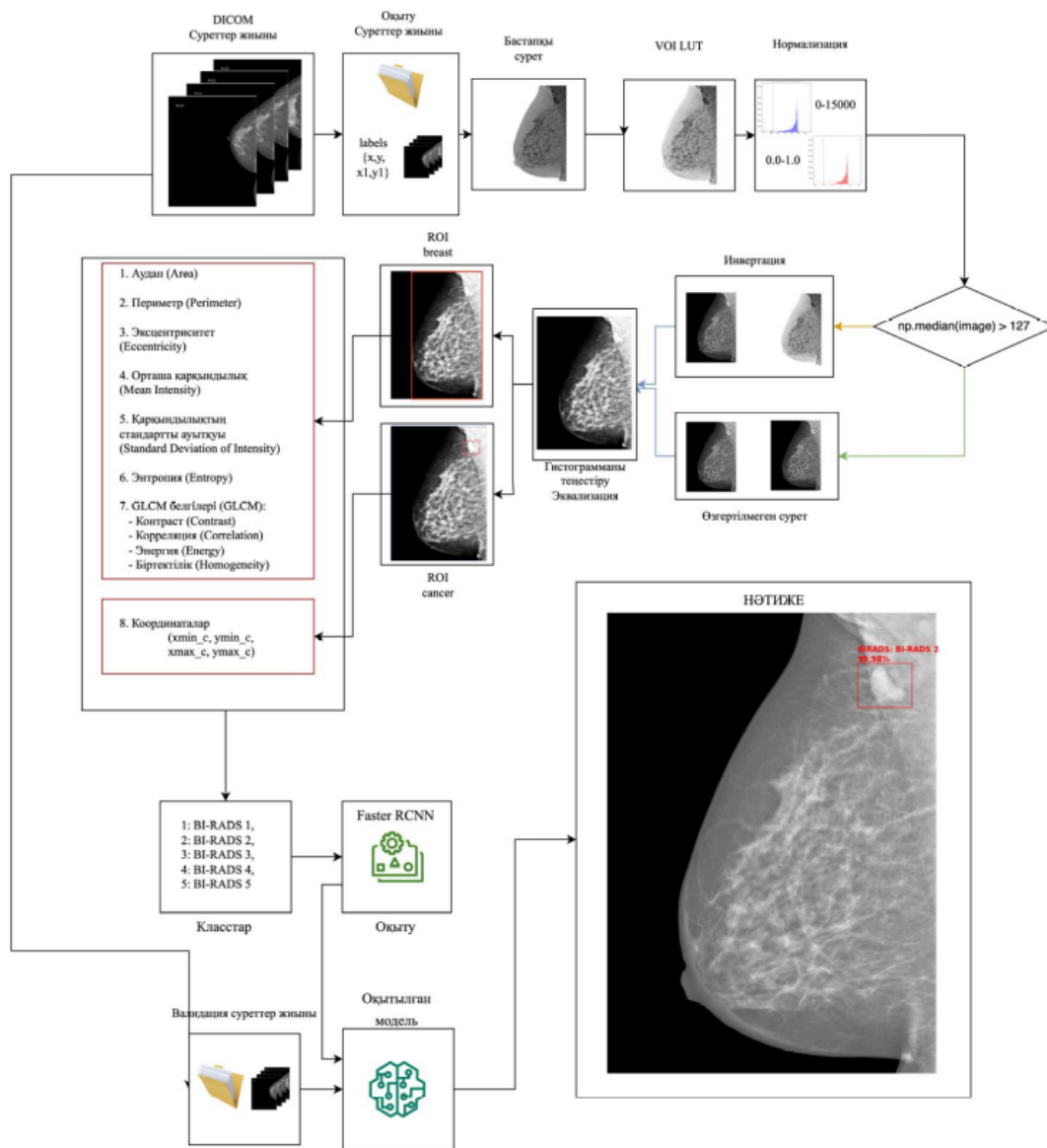
4-сурет. YOLOv8 модельсі бойынша оқыту нәтижелері

Faster R-CNN сияқты, YOLOv8 де оқу процесінің табысты көрсеткіштерін көрсетеді. Жаттығу және валидация деректеріндегі жоғалту графигі бастапқы кезеңдерде жоғалтудың жылдам төмендеуін көрсетіп, модельдің жоғары конвергенция жылдамдығын білдіреді. Жаттығу және валидация деректер базасының дәлдігі мен F1-өлшемі, 4-суретте көрсетілгендей, сәйкесінше шамамен 0,97 және 0,96 мәндеріне жетіп, дәйекті түрде жақсарыды. Екі модельні салыстыра отырып, олардың екеуі де жоғары өнімділікті

көрсететінін атап өту маңызды. Алайда, Faster R-CNN YOLOv8-мен салыстырғанда, әсіресе оқудың соңғы кезеңдерінде дәлдік пен F1-өлшеу мәндерінің аздап жоғары екенін айту керек. 5-суретте көрсетілген модель патологияның әртүрлі деңгейлері бар 1318 кескінді пайдалана отырып, сүт безі қатерлі ісігін жіктеуге арналған. Кескінді өңдеу процесі патологиялық өзгерістерді анықтау үшін қалыпқа келтіру, туралау және бүркемелеу қадамдарын қамтиды. YOLOv8 және Faster R-CNN әдістерінің тиімділігін бағалау

үшін патологияның әртүрлі формаларын қамтитын 1318 кескіннен тұратын ауқымды деректер жинағы қолданылды. Деректер жинағы қатерлі және қатерсіз кескіндер арасында теңгерілген және сүт безі қатерлі ісігінің бес деңгейлі жікте-

луін ұсынды. Бұл тәсіл сүт безінің медициналық кескіндеріндегі патологияларды анықтау үшін екі модельдің тиімділігін неғұрлым толық және объективті бағалауға мүмкіндік береді.



5-сурет. Сүт безі қатерлі ісігі патологиясын анықтау моделі

Сүт безінің кескінін өңдеуге және жіктеуге арналған бұл әдіс тіндердің денсаулығын жүйелі және жан-жақты бағалауды қамтамасыз етеді, бұл медициналық қолданбалар үшін ерекше маңызды. Қалыпқа келтіру және туралау әдістерін қолдану, сондай-ақ YOLOv8 және Faster R-CNN алгоритмдерінің пайдаланылуы модельдің әртүр-

лі патологияларды анықтауда жоғары сезімталдық пен дәлдікті көрсетуіне мүмкіндік береді. Әртүрлі сыныптардан тұратын теңгерілген деректер базасы сүт безі патологиясының әртүрлі формалары мен деңгейлерін ескере отырып, модельдің өнімділігін неғұрлым өкілді бағалауға көмектеседі. Бұл тәсіл жіктеу нәтижелерінің



сенімділігін арттырады және сүт безі қатерлі ісігінің диагностикасын айтарлықтай жақсартуға ықпал етеді.

**Қорытынды.** Ұсынылған зерттеу маммографиялық кескіндердегі сүт бездерінің патологиясын анықтау үшін YOLOv8 және Faster R-CNN терең оқыту модельдерін тиімді пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Екі модель де дәлдік, F1 ұпайы және өңдеу жылдамдығы бойынша жоғары нәтижелер көрсетті, бұл олардың медициналық салада практикалық қолдану әлеуетін айқындайды. Faster R-CNN моделі, әсіресе, жаттығудың соңғы кезеңдерінде YOLOv8-ден дәлдік пен F1 ұпайы бойынша тұрақты түрде жоғары болды, шамамен 0,99 дәлдік және 0,97 F1 ұпайына қол жеткізіп, сүт безі ауытқуларын анықтаудағы сенімділігін көрсетті. YOLOv8, сәл төменірек дәлдікке ие болғанымен, жоғары өңдеу жылдамдығын көрсетті, бұл оны жылдам талдау талап етілетін қолданбалар үшін қолайлы етеді, ал оның дәлдігі шамамен 0,97, F1 ұпайы 0,96 болды,

бұл оның сүт безі патологиясын анықтаудағы тиімділігін растайды. Деректерді алдын ала өңдеу, оның ішінде қалыпқа келтіру, гистограмманы теңестіру және аномалия аймақтарын маскалау, оқу процесінің тұрақтылығына және сүт бездерінің патологияларын анықтауда модельдердің сенімділігіне елеулі әсер етті. Екі модель де патологияның әртүрлі деңгейлерін қамтитын 1318 маммографиялық кескіннің теңгерілген деректер базасында оқытылды және тексерілді, бұл олардың сүт безі ауруларының қатерсіз және қатерлі формаларымен күресу қабілетін нығайтады. Бұл модельдерді клиникалық тәжірибеге енгізу сүт безі ауруларын ерте анықтау мен диагностикалауды жақсартуға, сондай-ақ пациенттердің нәтижелерін жақсартуға мүмкіндік береді. Оқыту параметрлері мен модель архитектурасын оңтайландыруға, деректер базасын кеңейтуге және модельдерді одан әрі жетілдіруге, олардың шынайы клиникалық параметрлерде сенімділігі мен дәлдігін қамтамасыз ету үшін қосымша зерттеулер жүргізу ұсынылады.

### Әдебиеттер

1. A. Orazayeva et al. Biomedical image segmentation method based on contour preparation // in *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*. – 2022. DOI: 10.1117/12.2657929
2. Z. He, P. Wang, and X. Ye, Novel endoscopic optical diagnostic technologies in medical trial research: recent advancements and future prospects // *BioMedical Engineering OnLine*. -2021. -Vol. 20(1). DOI: 10.1186/s12938-020-00845-5
3. O. Yu. Bogaevskaya, A. V Yumashev, A. L. Zolkin, O. A. Smirnova, and M. S. Chistyakov, Application of progressive information technologies in medicine: computer diagnostics and 3D technologies // *Journal of Physics: Conference Series*. -2021. - Vol. 1889(5). DOI: 10.1088/1742-6596/1889/5/052001
4. R. Boina et al. Enhancing intelligence diagnostic accuracy based on machine learning disease classification // *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. -2023. -Vol. 11. -P. 765–774, 2023.
5. C.-H. Hsu et al. Effective multiple cancer disease diagnosis frameworks for improved healthcare using machine learning // *Measurement*. -2021. -Vol. 175. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.109145
6. P. Singh, N. Singh, K. K. Singh, and A. Singh Diagnosing of disease using machine learning // in *Machine Learning and the Internet of Medical Things in Healthcare*. - Elsevier, 2021. - P. 89–111.
7. A. Orazayeva et al. Imaging fuzzy expert system for assessing dynamic changes in biomedical tumor images in breast cancer // in *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022*. -Dec. 2022. DOI: 10.1117/12.2657923.
8. A. Orynbayeva, N. Shyndaliyev, and A. Aripbayeva Improving statistical methods of data processing in

- medical universities using machine learning // World Transactions on Engineering and Technology Education. -2023. -Vol. 21(1). -P. 58–63.
9. Y. Liu, D. Han, A. V Parwani, and Z. Li Applications of artificial intelligence in breast pathology // Archives of Pathology & Laboratory Medicine. -2023. -Vol. 147(9). -P. 1003–1013. DOI: 10.5858/arpa.2022-0457-ra
10. Y. Li, Y. Zhang, Q. Yu, C. He, and X. Yuan Intelligent scoring system based on dynamic optical breast imaging for early detection of breast cancer // Biomedical Optics Express. -2024. -Vol. 15(3). -P. 1515–1527. DOI: 10.1364/BOE.515135
11. E. A. Rakha, G. M. Tse, and C. M. Quinn An update on the pathological classification of breast cancer // Histopathology. -2022. -Vol. 82(1). -P. 5–16. DOI: 10.1111/his.14786
12. C. Quinn, A. Maguire, and E. Rakha Pitfalls in breast pathology // Histopathology. -Vol. 82(1). -P. 140–161. DOI: 10.1111/his.14799
13. M. Ensenyat-Mendez et al. Current triple-negative breast cancer subtypes: dissecting the most aggressive form of breast cancer // Frontiers in Oncology. -2021. -Vol. 11. DOI: 10.3389/fonc.2021.681476
14. S. Iranmakani et al. A review of various modalities in breast imaging: technical aspects and clinical outcomes // Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. -2020. -Vol. 51(1). DOI: 10.1186/s43055-020-00175-5
15. S. M. H. Hashemi, L. Safari, and A. D. Taromi Realism in action: anomaly-aware diagnosis of brain tumors from medical images using YOLOv8 and DeiT. -2024. DOI: 10.48550/arXiv.2401.03302
16. R.-Y. Ju and W. Cai Fracture detection in pediatric wrist trauma X-ray images using YOLOv8 algorithm // Scientific Reports. -2023. -Vol. 13(1). DOI: 10.1038/s41598-023-47460-7
17. S. Pandey, K.-F. Chen, and E. B. Dam Comprehensive multimodal segmentation in medical imaging: combining YOLOv8 with SAM and HQ-SAM models // 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW). - Paris, France, 2023. -P. 2584-2590. DOI: 10.1109/iccvw60793.2023.00273
18. B. W. Choi, S. Kang, H. W. Kim, O. D. Kwon, H. D. Vu, and S. W. Youn Faster region-based convolutional neural network in the classification of different parkinsonism patterns of the striatum on maximum intensity projection images of [18F] FP-CIT positron emission tomography // Diagnostics. -2021. -Vol. 11(9). DOI: 10.3390/diagnostics11091557
19. Z. Jiao et al. Deep learning for automatic detection of cephalometric landmarks on lateral cephalometric radiographs using the Mask Region-based Convolutional Neural Network: a pilot study // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. -2024. -Vol. 137(5). -P. 554–562. DOI: 10.1016/j.oooo.2024.02.003
20. A. Orazayeva, J. Tussupov, W. Wójcik, S. Pavlov, G. Abdikerimova, and L. Savytska Methods for detecting and selecting areas on texture biomedical images of breast cancer // Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Srodowiska. -2022. -Vol. 12(2). -P. 69–72. DOI: 10.35784/iapgos.2951
21. G. Abdikerimova et al. Detection of lung pathology using the fractal method // International Journal of Electrical and Computer Engineering. -2023. -Vol. 13(6). -P. 6778–6786. DOI: 10.11591/ijece.v13i6.pp6778-6786
22. G. Abdikerimova et al. Detection of chest pathologies using autocorrelation functions // International Journal of Electrical and Computer Engineering. -2023. -Vol. 13(4). -P. 4526–4534. DOI: 10.11591/ijece.v13i4.pp4526-4534
23. Zaridze D.G., Maksimovich D.M. Prevention of malignant neoplasms. // V-Petersburg International

Oncology Forum. Collection. - 2017. - No. 4 (2). DOI: 10.17650/2313805X-2017-4-2-8-25

24. Davydov M.I., Zaridze D.G. Skrining zlokachestvennyh opuholej // Vestnik FGBNU «RONC im N.N. Blohina». -2014. –Т. 25. -№3-4. –S. 5-16. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/skrining-zlokachestvennyh-opuholey/viewer> [in Russian]

25. Nurmanova A., Sultanova Z.I., Y.A. Annaorazov Y.A. Faktory i ih rol' v zaboлеваemosti, smertnosti, vyzhivaemosti pri rake molochnoj zhelezy // Vestnik KazNMU. -2018. -№ 1. URL: <https://cyberleninka.ru> [in Russian]

26. Chen L. et al. Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks //Remote Sensing. – 2021. –Vol.13(22). DOI:10.3390/rs13224712

27. N. Diniz D. et al. A deep learning ensemble method to assist cytopathologists in pap test image classification //Journal of Imaging. -2021. -Vol. 7(7). DOI:10.3390/jimaging7070111

***Авторлар туралы мәліметтер***

Тусупов Д.А. – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru);

Оразаева А.Р. - Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің докторанты, Ақпараттық жүйелер мамандығы, Астана, Қазақстан, e-mail: [oar\\_is@mail.ru](mailto:oar_is@mail.ru).

***Information about the authors***

Tussupov J.A. - doctor of physical and mathematical sciences, professor, L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: [tussupov@mail.ru](mailto:tussupov@mail.ru);

Orazayeva A.R. - L.N. Ph.D. student of Gumilev Eurasian National University, Information Systems specialty, Astana, Kazakhstan, e-mail: [oar\\_is@mail.ru](mailto:oar_is@mail.ru).

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГОЛОСА С УЧЕТОМ КАЗАХСКОГО АКЦЕНТА

<sup>1,2</sup> Т.С. Шорманов, <sup>2</sup> А.Т. Мазакова, <sup>1</sup> М.С. Алиаскар, <sup>2</sup> Ш.А. Джомартова, <sup>1,2</sup> Т.Ж. Мазаков 

<sup>1</sup>Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

 Корреспондент-автор: tmazakov@mail.ru

Статья посвящена использованию нейронных сетей для идентификации человека по голосу.

Идентификация и распознавание речи с учетом акцента — это одна из сложных задач в области обработки естественного языка (NLP) и автоматического распознавания речи (ASR). Казахский акцент, как и другие региональные особенности речи, представляет собой уникальные лингвистические и акустические характеристики, которые могут влиять на эффективность традиционных моделей распознавания речи. В последние годы нейронные сети, особенно глубокие нейронные сети (DNN), становятся основными инструментами для решения таких задач, включая идентификацию голоса с учетом акцентов.

Несмотря на достижения в области нейронных сетей, задачи распознавания речи с учетом акцента остаются достаточно сложными. Вот несколько основных проблем: 1) Многообразие акцентов. В Казахстане существует несколько региональных акцентов, что требует учета разнообразных вариантов произношения. 2) Проблемы с трансляцией специфических казахских звуков. Некоторые звуки казахского языка могут быть трудны для стандартных моделей распознавания речи. 3) Отсутствие данных. Как уже было сказано, для качественного обучения нейронных сетей для казахского языка часто не хватает доступных и разнообразных наборов данных с акцентами.

В работе рассматриваются возможные подходы к биометрической идентификации: мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC), языковая модель, а также анализируются преимущества и недостатки использования нейронных сетей. В ходе исследования выявлены основные проблемы, которые могут возникнуть в ходе ее решения. Дано общее описание проблемы и формулировка целей исследования.

**Ключевые слова:** биометрия, нейронная сеть, мел-частотные кепстральные коэффициенты, идентификация голоса, казахский акцент.

## ҚАЗАҚ ТІЛІНІҢ АКЦЕНТІН ЕСКЕРТПЕ ДАУЫСТЫ АНЫҚТАУ ҮШІН НЕЙРЛІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОЛДАНУ

<sup>1,2</sup> Т.С. Шорманов, <sup>2</sup> Ә.Т. Мазақова, <sup>1</sup> М.С. Әлиасқар, <sup>2</sup> Ш.А. Джомартова, <sup>1,2</sup> Т.Ж. Мазақов 

<sup>1</sup>Халықаралық инженерлік және технология университеті,

<sup>2</sup> Әл-Фараби ағындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: tmazakov@mail.ru

Мақала адамды дауыс арқылы анықтау үшін нейрондық желілерді пайдалануға арналған.

Екпінді ескеретін сөйлеуді анықтау және тану табиғи тілді өңдеу (NLP) және автоматты түрде сөйлеуді тану (ASR) саласындағы күрделі тапсырмалардың бірі болып табылады. Қазақ екпіні басқа аймақтық сөйлеу ерекшеліктері сияқты дәстүрлі сөйлеуді тану үлгілерінің орындалуына әсер ете алатын бірегей тілдік және акустикалық сипаттарды ұсынады. Соңғы жылдары нейрондық желілер, әсіресе терең нейрондық желілер (DNN), акцентті білетін дауысты сәйкестендіруді қоса алғанда, мұндай тапсырмалар үшін негізгі құралдарға айналды. Нейрондық желілердегі жетістіктерге қарамастан, акцентті білетін сөйлеуді тану тапсырмалары өте қиын болып қала береді. Міне, бірнеше негізгі мәселелер: 1) Акценттердің әртүрлілігі. Қазақстанда бірнеше аймақтық екпіндер бар, олар

айтылудың әртүрлі нұсқаларын қарастыруды талап етеді. 2) Нақты қазақ дыбыстарын таратудағы мәселелер. Кейбір қазақ дыбыстарын стандартты сөйлеуді тану үлгілері үшін түсіну қиын болуы мүмкін. 3) Мәліметтердің жетіспеушілігі. Жоғарыда айтылғандай, қазақ тіліне арналған нейрондық желілерді сапалы дайындау үшін акценттері бар қолжетімді және алуан түрлі деректер жинақтары жиі жеткіліксіз.

Мақалада биометриялық сәйкестендірудің ықтимал тәсілдері қарастырылады: мел-жиілік цестральды коэффициенттер (MFCC), тілдік модель, сондай-ақ нейрондық желілерді пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктері талданады. Зерттеу барысында оны шешу барысында туындауы мүмкін негізгі проблемалар анықталды. Проблеманың жалпы сипаттамасы және зерттеу мақсаттарының тұжырымы берілген.

**Түйін сөздер:** биометрия, нейрондық желі, мел-жиілік цестральды коэффициенттер, дауысты анықтау, қазақша акцент.

## APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR VOICE IDENTIFICATION TAKING INTO ACCOUNT THE KAZAKH ACCENT

<sup>1,2</sup> T.S. Shormanov, <sup>2</sup>A.T. Mazakova, <sup>1</sup>M.S. Aliaskar, <sup>2</sup>Sh.A. Jomartova, <sup>1,2</sup>T.Zh. Mazakov 

<sup>1</sup>International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: tmazakov@mail.ru

The article is devoted to the use of neural networks for human voice identification.

Accent-aware speech identification and recognition is one of the challenging tasks in the field of natural language processing (NLP) and automatic speech recognition (ASR). The Kazakh accent, like other regional speech features, presents unique linguistic and acoustic characteristics that can affect the performance of traditional speech recognition models. In recent years, neural networks, especially deep neural networks (DNNs), have become the main tools for solving such problems, including accent-aware voice identification.

Despite the advances in neural networks, accent-aware speech recognition tasks remain quite challenging. Here are some of the main challenges: 1) Diversity of accents. There are several regional accents in Kazakhstan, which requires taking into account a variety of pronunciation options. 2) Problems with translating specific Kazakh sounds. Some sounds of the Kazakh language can be difficult for standard speech recognition models. 3) Lack of data. As already mentioned, there is often a lack of accessible and diverse datasets with accents for high-quality training of neural networks for the Kazakh language.

The paper considers possible approaches to biometric identification: mel-frequency cepstral coefficients (MFCC), language model, and analyzes the advantages and disadvantages of using neural networks. The study identified the main problems that may arise in the course of its solution. A general description of the problem and formulation of the research objectives are given..

**Keywords:** biometrics, neural network, mel-frequency cepstral coefficients, voice identification, Kazakh accent.

**Введение.** Информационная безопасность является одной из важных задач в мировом сообществе, и это связано с резко возросшим влиянием глобальных информационных технологий на большинство сфер деятельности современного общества. Современные интернет угрозы требуют эффективных методов обнаружения и защиты данных. Учитывая современную тенденцию к более активному использованию удаленных сервисов при проведении финансовых транзакций, обеспечение кибербезопасности при проведении удаленных финансовых транзакций стало обязательно, так как при проведении удаленных финансовых транзакций появляется возможность компрометации данных, что привлекает киберпреступников. Предлагаемое в дан-



ной статье решение позволяет повысить эффективность биометрической голосовой аутентификации. Человек может быть аутентифицирован тремя способами: через знание, владение или наследование. Фактор знания относится к тому, что человек должен иметь для получения доступа. Аутентификация на основе предопределенного значения (пароля) является самым распространенным методом аутентификации. Право собственности относится к учетным данным аутентификации пользователя на основе предметов, которыми владеет пользователь, как правило, аппаратных устройств, таких как мобильный телефон пользователя или токен безопасности. С точки зрения внутренних факторов наиболее распространенным методом является аутентификация на основе биометрии, которая использует отпечатки пальцев, голос или распознавание лиц для аутентификации пользователей. Среди этих биометрических методов речь является основным способом общения между людьми. Пример возросшего использования голоса в мае 2021 года HSBC сообщил, что HSBC Voice ID защитил своих клиентов от телефонных мошенников в 2020 году. По данным банка, благодаря новой биометрической системе количество случаев мошенничества сократилось более чем на 50%. В целом HSBC считает, что его система голосовой биометрии предотвратила кражу примерно 249 миллионов фунтов стерлингов (346,5 миллиона долларов США) денег клиентов [1]. Индивидуальные характеристики голоса являются результатом влияния нескольких характеристик: анатомо-физиологических особенностей (особенности строения рта говорящего, например, наличие или отсутствие зубов и т. д.); артикуляционных особенностей говорящего (индивидуальные особенности произношения, например, картавость или шепелявость). Сейчас существуют много сервисов по созданию поддельных голосовых копий, таких как Elevenlabs.io и другие. Исходя из вышеперечисленных фактов, для повышения качества биометрической идентификации по голосу необходимо анализировать не только акустические параметры голоса, но и анализировать и распознавать индивидуальные характеристики речи, такие как пол, возраст,

акцент; такой подход позволит повысить устойчивость системы распознавания к попыткам фальсификации голоса, что особенно важно в сфере финансовых услуг.

**Обзор литературы.** В статье [2] авторы рассматривают четыре схемы взвешивания терминов и используют десять существующих схем в сочетании с вариантами векторов  $tf$  и  $tf-idf$  для исследования их производительности на коротких текстовых наборах данных. Этот подход дает хорошие результаты для классификации небольших текстов, таких как сообщения Twitter. Текст в пространстве терминов можно смоделировать как  $d=(w_1, \dots, w_n)$ , где  $n$  обозначает пространство терминов или размер признаков. Эффективность модели часто повышается с использованием  $N$ -грамм или схем взвешивания терминов, таких как частота терминов-обратная частота документа. Недостатком метода является, что в коротких текстах таких как твиты или заголовки новостей, содержится ограниченное количество терминов, что делает их представление и взвешивание в модели векторного пространства неэффективными для классификации текста.

В статье [3] представлен подход к использованию модели векторного пространства (VSM), представление текста – это задача преобразования содержимого текстового документа в вектор в пространстве терминов, чтобы документ можно было распознать и классифицировать. Представленный подход к использованию контролируемого метода взвешивания терминов,  $tf,rf$ , показывает лучшую производительность, чем другие методы взвешивания терминов. Хотя этот подход имеет некоторые недостатки, он не предназначен для работы с большими наборами данных и методами взвешивания терминов для неструктурированных текстовых данных или использования внешних знаний для улучшения оценки важности терминов.

Статья [4] представляет альтернативный подход, основанный на векторном представлении слов. Преимуществом метода «встраивания слов» (word embeddings) заключается в способности улавливать сходства в классификации значений слов. Точность процедуры оценивается

с помощью кодированных обучающих предложений; валидация проводилась через изучение негативности в речах австрийского парламента. Результаты показали потенциал подхода «встраивания слов» для анализа настроений для небольших текстов, но в больших текстах метод улавливает семантические сходства между словами, но он не может полностью учитывать контекст и порядок слов в предложении. Это ограничивает возможности моделей для анализа настроений и нюансов, особенно для больших текстов.

В статье [5] представлен алгоритм кодирования пар байтов (BPE алгоритм), это способ получения токенов, поскольку ранее языковая модель использовала только слова из заранее представленного словаря, но в представленной статье использовался другой подход к методам сегментации слов, который заключается в разделении слов на более мелкие подслова или слоги. Представленный подход помогает решить проблемы с редко используемыми словами а также с ограничением по лексике, чем использование языковой моделью обученной только на основании слов, которые были в обучающем корпусе. Однако этот подход имеет трудности со словами, которые не встречались в обучающей выборке данных. Это может ограничить практическую применимость моделей машинного перевода, особенно для языков с богатым словарным запасом или с новыми словами и текстами.

В статье [6] представлен алгоритм WordPiece для обучения токенов на разбиение слов на обучающими подслова или слоги с добавлением специальных символов в начале каждого токена, чтобы показать, что это часть большого слова. Этот процесс помогает анализировать отдельные символы и контекст больших слов, данный подход позволяет лучше обобщать новые слова и уменьшить размер обучающей выборки слов. Алгоритм может быть применен к различным языкам, что делает его универсальным для многоязычных приложений. Алгоритм WordPiece имеет недостаток связанный со значительными вычислительными требованиями, это может быть ограничивающим фактором для практического

использования, особенно для задач реального времени или очень больших текстов.

В статье [7] BERT представлен как многослойный двунаправленный кодер Transformer. Эта языковая модель, основанная на архитектуре трансформер, использует двунаправленный внутренний анализ. Модель используется совместно с классификатором, входные данные которого являются результатом работы BERT – векторным представлением входных данных. В основе обучения модели лежат две идеи. Первая – заменить 15 % слов масками и обучить сеть предсказывать эти слова. Вторая – дополнительно обучить BERT определять, может ли одно предложение следовать за другим. Архитектура Transformer состоит из различных компонентов, которые были описаны в [5]: Токенизаторы, которые преобразуют текст в токены. – один слой внедрения, который преобразует токены и позиции токенов в векторные представления. – слои преобразователя, которые выполняют повторяющиеся преобразования векторных представлений, извлекая все больше и больше лингвистической информации. Они состоят из чередующихся слоев внимания и прямой связи. – (необязательно) слой деинсталляции, который преобразует окончательные векторные представления обратно в распределение вероятностей по токенам. Предварительно обученные модели, такие как BERT, имеют ограничения, связанные с обучением на огромных корпусах данных, который могут содержать смещения и ограничения, отражающие данные, на которых они обучались. Это может привести к тому, что модели примут те же смещения и ограничения. Пример таких смещений и ограничений представлен в статье [8] как результат обучения многоязычной языковой модели BERT, анализ для греческого и испанского языков и обнаружено, что в некоторых случаях языковая модель предпочитает использовать более англоязычную настройку (явные местоимения и порядок субъект-глагол-объект) по сравнению с одноязычной моделью языка управления. Это исследование показывает, что многоязычная модель BERT имеет недостатки, связанные с доминированием английского язы-

ка, поскольку модель изучалась на данных из нескольких языков, но данные из английского языка доминировали, и это повлияло на результаты на других языках.

Для решения вопросов, связанных с голосовой идентификацией, необходимо использовать не только акустический голос для идентификации, а проводить распознавание речи с учетом особенностей конкретного человека. Помимо физиологических особенностей голоса существует фонетическая особенность речи, которая указывает на региональную, этническую или иноязычную принадлежность человека. Каждый человек обладает определенным словарным запасом, этот словарный запас определяется его социальной и ментальной средой. Особенности речи, голоса, интонации, а также манера речи, сформированные в юности, сохраняются на протяжении всей жизни и имеют набор определенных характеристик, присущих только им [9]. Анализируя отдельные элементы речи, можно определить индивидуальный стиль речи человека. Однако такой подход имеет ряд недостатков, для анализа индивидуальных голосовых характеристик речи необходимо собрать достаточно большую базу данных речи конкретного человека.

Поскольку в Республике Казахстан два основных языка общения – казахский и русский, то при разработке необходимо учитывать особенности и акценты, используемые в Республике Казахстан. Акцент – фонетическая особенность речи, связанная с региональной, этнической или иноязычной принадлежностью человека. Человек с акцентом может неправильно произносить некоторые звуки или изменять их непосредственно в словах. Особенности казахского акцента в русском языке. Акцент – это изменение произношения звуков, распространенное искажение. Акцент может привести к замене или искажению определенных звуков. К таким звукам относятся, например, «ы» и «и» в русском языке. Еще одной распространенной проблемой является использование звука «у», так как его произношение в казахском языке отличается. Интонация – еще один признак акцента. Казахский язык имеет свою собственную интонацию, которая меняется

в зависимости от культурного контекста, и эти интонации появляются в других языках. Ударение в русском языке – это выделение гласного звука в слове; оно может быть как в середине слова, так и в конце; в казахском ударении чаще всего используется ударение на конце слова, по аналогии с казахским языком. Фонетические особенности ударения: измененное произношение звуков; часто изменения в произношении звуков; в первую очередь, это безударные гласные после твердых шипящих «ш», «ж» и «ц». Использование собственных казахских звуков. В казахском языке есть специфические звуки, которых нет в русском языке, это 9 звуков, которые часто используются в качестве замен русских звуков и существенно влияют на произношение [10]. Таким образом, целью данного исследования является совершенствование способов анализа коротких аудиозаписей говорящего с целью выявления наличия казахского акцента для повышения качества биометрической аутентификации.

**Материалы и методы.** При работе использованы аудиозаписи. При проведении исследования в статье использованы методы машинного обучения, основанный на применении нейронных сетей.

**Результаты и обсуждение.** Для решения данной задачи предлагается использовать двух-этапный процесс анализа аудиозаписей с целью выявления наличия акцентов. Первый этап получение акустической модели говорящей персоны, второй этап получение языковой модели говорящей персоны.

Первый этап получения голосовой модели – получение голосовой модели, на основании анализа вышеперечисленной литературы наиболее оптимальный метод для получения голосовой информации является Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC). Это метод, который позволяет анализировать частотный контент аудиозаписи путем разложения звука на мел-частотные компоненты.

Таким образом, можно анализировать как частотные, так и временные характеристики звука. Акустическая модель – преобразование звука в удобный для использования формат Мел-

частотные кепстральные коэффициенты (MFCC) являются одним из наиболее распространенных и эффективных способов представления речевых данных. Этот подход с использованием мел-кепстральных коэффициентов был представлен в работе [11]. Поскольку разница в тембрах разных голосов описывается различными частотными спектрами. Математический аппарат для анализа частотного спектра – это преобразование Фурье, как способ описания сложной звуковой волны с помощью спектрограммы. Обработка данных, представляющих числовые амплитудно-временные зависимости. Учитывая особенности человеческого слуха, а именно его нелинейную природу по отношению к восприятию звуковых частот, иными словами, люди гораздо лучше различают небольшие изменения высоты звука на низких частотах, чем на высоких.

Для этой задачи используется преобразование из шкалы Герца в шкалу мел (мел-психофизическая единица высоты тона). Для нашей задачи [12] идентификации человека по голосу очень важен охват всех частот, поскольку, как было сказано во введении, для задач идентификации очень важно выявить все характеристики человека, связанные с вокальностью и высотой тона речи конкретного человека. Также преимуществом алгоритма MFCC стало то, что он уже имеет реализацию во многих языках программирования.

Второй этап: Получение языковой модели. Для обучения модели языка целесообразно использовать модель языка BERT. Модель языка BERT была представлена [13] на основе архитектуры transformer и предназначена для предобучения языковых представлений (для задач NLP). Главной особенностью этой модели языка является ее двунаправленность; эта модель языка также была доработана и может послужить основой для других алгоритмов. BERT использует четыре основных типа специальных токенов для обозначения начала и конца предложения или продолжения.

- 1) [CLS]: обозначает начало предложения.
- 2) [SEP]: обозначает конец предложения.

3) [UNK]: обозначает неизвестную часть/слово в предложении.

4) [PAD]: используется для заполнения.

Ввод данных состоит из трех этапов:

- 1) Реализации токенов
- 2) Реализация сегментов
- 3) Реализация позиционирования.

Токенизатор подслов BERT: BERT использует токенизатор подслов, который разбивает слова на более мелкие единицы, чем слова (слоги). Токенизатор, используемый BERT, – это токенизатор WordPiece, который представляет собой алгоритм, процесс создания окончательного набора слов (словаря) путем слияния слогов (подслов) из букв.

Обучение BERT проводится в два этапа: этапы предварительной подготовки и тонкой настройки. Этап предварительной подготовки выполняется одновременно по двум задачам: Next Sentence Piece (NSP) и Masked Language Model (MLM). Masked Language Model (MLM) Для предварительной подготовки BERT случайным образом маскирует 15 % слов из входного текста с помощью токена [MASK]. Этот подход используется только для предварительной подготовки, а не для тонкой настройки. Выполняя задачу сопоставления токенов [MASK], BERT развивает способность понимать контекст.

Next Sentence Piece (NSP) После отправки двух предложений BERT обучается на них, сравнивая, является ли данное предложение одним непрерывным предложением или нет. Для этого BERT использует два фактически связанных предложения и два случайно связанных предложения в соотношении 50:50. Эта маркировка использует специальный токен [CLS], который помещается в начало предложения, чтобы определить, являются ли два предложения фактически последовательными предложениями.

Тонкая настройка BERT – это этап тестирования уже предварительно обученного BERT путем его дополнительного обучения для заданных задач, которые мы хотим решить. Для наших задач, тонкая настройка языковой модели BERT



включает использование готовых уже обученных моделей BERT на основе русского языка с расширением словаря с учетом казахских слов и казахского акцента. Для анализа мы сравниваем две языковые модели BERTmultilingual и kazakhBERTmulti [14] для целей распознавания речи на 15 коротких аудиозаписей. По результатам анализа для определения казахского акцента для более точной оценки необходимо исключить проверку орфографии, так как казахский акцент

в основном проявляется в виде неправильно произнесенных слов. Для определения акцента для наших задач мы убрали проверку на орфографические ошибки, а именно неправильно произнесенные слова, чем больше таких слов было выявлено, тем более выраженным был акцент в аудиозаписи. Результаты, полученные с многоязычной моделью BERT и моделью kazakhBERTmulti, приведены в таблице 1.

**Таблица 1- Сравнение результатов**

Model	Accuracy	Recall	Precision	F1-score
BERTmultilingual	0.92	0.77	0.85	0.64
kazakhBERTmulti	0.92	0.84	0.92	0.68

Для multilingual BERT Russian F1 Score равен 0.64, для kazakhBERTmulti F1 Score равен 0.68 что показывает, что языковая модель работает достаточно хорошо на тестовой выборке.

**Преимущество.** Предлагаемый двухэтапный подход к извлечению голосовых признаков с помощью сбора аудиоданных MFCC представляет собой набор аудиопризнаков, извлеченных путем математической обработки частот. Это обеспечивает удобство входящего сигнала с потерей неважной информации. С их помощью создается упрощенная модель звуков речи, она также похожа на подслова или слоги, которые используются для языковых моделей BERT.

**Недостатки.** Использованный подход показывает приемлемые результаты по распознаванию для коротких аудиозаписей, использованием данного подхода для анализа больших аудио записей требует использование другим алгоритмов. Ограничения голосовой модели. Алгоритм MFCC плохо работает с тоновыми языками, а особенностью

казахского акцента является то, что ударения расставляются по-другому, в отличие от русского языка, и такие особенности плохо различаются в выходных файлах.

**Выводы.** Использование предложенного метода анализа позволяет получить четкую информацию о тексте речи. Все аудиозаписи были правильно распознаны для одного голоса. Применение нейронных сетей для биометрической идентификации по голосу дает значительное преимущество, поскольку позволяет проводить идентификацию не только физиологической характеристики такой как голос человека, но и дополнительно проверять индивидуальные голосовые поведенческие характеристики.

**Финансирование.** Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023–2025 годы по проекту AP19678157.

## Литература

- 1.HSBC' s Voice ID prevents £249 million of attempted fraud. [Электронный ресурс] URL: <https://www.finextra.com>
2. Samant S.S., Bhanu Murthy N.L., Malapati A. Improving term weighting schemes for short text classification in vector space model.//IEEE Access.-2019.- Vol.7. - P.166578 -166592.



DOI 10.1109/ACCESS.2019.2953918

3. Lan M., Tan C.L., Su J., et al. Supervised and traditional term weighting methods for automatic text categorization. // IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.- 2009. - Vol.31(4 ). - P.721 - 735.

DOI 10.1109/TPAMI.2008.110

4. Rudkowsky E., Haselmayer M., Wastian M., Jenny M., Emrich Š., & Sedlmair M. More than Bags of Words: Sentiment Analysis with Word Embeddings. // Communication Methods and Measures. – 2018.- Vol. 12(5).- P.140 - 157. DOI 10.1080/19312458.2018.1455817

5. Sennrich R., Haddow B., Birch A. Neural Machine Translation of Rare Words with Subword Units. // Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Berlin, Germany. Association for Computational Linguistics.- 2016.-Vol.1.- P.1715-1725. DOI 10.18653/v1/P16-1162

6. Wu Y., Schuster M., Chen Z., Le Q. V., Norouzi M., Macherey W., ... & Dean J. Google' s neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation. // arXiv preprint arXiv:1609.08144.2016. DOI 10.48550/arXiv.1609.08144

7. Jacob D., Chang M., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. // North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. - 2019. - P. 4171-4186. DOI 10.18653/v1/N19-1423

8. Papadimitriou I., Lopez K., Jurafsky D. Multilingual BERT has an accent: Evaluating English influences on fluency in multilingual models. // arXiv preprint arXiv:2210.05619.- 2023.- P.1194-1200. DOI 10.18653/v1/2023.findings-eacl.89

9. Россинская Е.Р. Профессия – эксперт. Введение в юридическую специальность. – М.: Юрист, 1999. - 192 с. Rossinskaya, E. (1999). Profesiyy – expert. Vvedenie v uridicheskuyu spechialnoct. <http://lawlibrary.ru>. [ in Russian]

10. Основные черты казахского акцента в русской речи в области вокализма и суперсегментной фонетики. [Электронный ресурс] URL: <https://rcdo.kz>. [in Russian]

11. Davis S., Mermelstein P. Comparison of Parametric Representations for Monosyllabic Word Recognition in Continuously Spoken Sentences // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. -1980. -Vol. 28, N4.- P. 357- 366. DOI 10.1109/TASSP.1980.1163420

12. Aliaskar M., Mazakov T., Mazakova A., Jomartova S., Shormanov T. Human voice identification based on the detection of fundamental harmonics // IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON). - 2022.- P. 1-4. DOI 10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830471

13. Li F., Jin Y., Liu W., et al. Fine-tuning bidirectional encoder representations from transformers (BERT)-based models on large-scale electronic health record notes: an empirical study.// JMIR Med Inform. - 2019. -Vol. 7(3) - P.1-13. DOI 10.2196/14830

14. Mazakov T.Zh., Jomartova Sh. A., Shormanov T. S., Ziyatbekova G. Z., Amirkhanov B. S., Kisala P. The image processing algorithms for biometric identification // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.- 2020.-Vol.1(439). – P.14-22. DOI 10.32014/2020.2518-170X.2

*Сведения об авторах*

Шорманов Т.С. – докторант КазНУ имени аль-Фараби, старший преподаватель МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: shormanov@gmail.com;

Мазакова А.Т. – докторант КазНУ им.аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Әлиасқар М.С. - старший преподаватель МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;  
Мазакон Т.Ж. – доктор физико-математических наук, профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: tmazakov@mail.ru.

***Information about the authors***

Shormanov T.S. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Lecturer at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: shormanov@gmail.com;

Mazakova A.T. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Aliaskar M.S. - Lecturer at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail:m.alyasqar@gmail.ru;

Jomartova Sh.A. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: jomartova@mail.ru;

Mazakov T.Zh. – Doctor of Physical and mathematical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru

**THE STUDY OF MACHINE AND DEEP LEARNING MODELS FOR MALWARE CLASSIFICATION****<sup>1,2</sup>A.Zhumabekova <sup>✉</sup>, <sup>1,3</sup>O.Ussatova, <sup>1</sup>M.Kalimoldayev, <sup>1,2</sup>V.Karyukin, <sup>1,3</sup>Y Begimbayeva**<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan,<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,<sup>3</sup>G.Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan<sup>✉</sup>Correspondent-author: zhumabekova2702@gmail.com

The rapid growth of cyber threats and attacks has highlighted the need for robust information security, confidentiality, and integrity measures. Malware, a significant category of cyber threats, is designed to disrupt operations, damage information environments, and gain unauthorized access to systems, networks, and data. Various types of malware, including viruses, worms, trojans, spyware, and rootkits, pose pervasive and evolving dangers, often spread through the Internet or removable devices. While effective against known threats, traditional signature-based detection methods struggle to identify new malware. Modern machine learning-based approaches offer a more flexible solution by learning from large datasets without relying on predefined signatures. This research presents a machine learning-based malware detection system using a dataset of diverse network threats. The study explores both classical machine learning algorithms and advanced deep learning models, including dense neural networks (DNN), Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and Gated Recurrent Units (GRU), to enhance malware detection accuracy. Moreover, a newly developed hybrid LSTM-GRU deep learning model was utilized for classifying the malware dataset. This model combines the strong specifications of both LSTM and GRU neural networks. The used machine learning and deep learning models demonstrated good classification results. The Decision Tree, Random Forest, and XGBoost machine learning models were superior to neural networks by around 0.02. The experiments showed that machine learning algorithms are still strong in the classification tasks of the cybersecurity field. Among neural networks, the simple DNN model was a little worse than LSTM and GRU by around 0.01. The recurrent LSTM and GRU models showed mostly identical scores. The proposed LSTM-GRU model outperformed other deep learning models by 0.01 and was comparable with the Random Forest model that reached the metrics score of 0.99.

**Keywords:** malware, information security, threat detection, machine learning, deep learning, Chi-square, class balancing

**ЗИЯНДЫ БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ  
ТЕРЕҢ ОҚУ МОДЕЛЬДЕРІН ЗЕРТТЕУ****<sup>1,2</sup>A.Жұмабекова <sup>✉</sup>, <sup>1,3</sup>O.Усатова, <sup>1</sup>M.Қалимолдаев, <sup>1,2</sup>V.Карюкин, <sup>1,3</sup>E.Бегимбаева**<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан,<sup>3</sup>Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: zhumabekova2702@gmail.com

Киберқауіптер мен шабуылдардың жылдам өсуі сенімді ақпараттық қауіпсіздік, құпиялылық және тұтастық шараларының қажеттілігін көрсетті. Зиянды бағдарламалар, киберқауіптердің маңызды санаты ақпараттық орталарды бұзуға, зақымдауға және жүйелерге, желілерге және деректерге рұқсатсыз кіруге арналған. Вирустар, құрттар, трояндар, шпиондық бағдарламалар мен руткиттерді қоса алғанда, зиянды бағдарламалардың әртүрлі түрлері Интернет немесе алынбалы құрылғылар арқылы жиі таралатын кең таралған және дамып келе жатқан қауіп болып табылады. Қолтаңбаға негізделген анықтаудың дәстүрлі әдістері белгілі қауіптерге қарсы тиімді болғанымен, олар жаңа зиянды бағдарламаны анықтауда қиындықтарға тап болады. Заманауи машиналық оқыту модельдері алдын ала анықталған қолтаңбаларға сүйенбестен үлкен деректер жиынынан үйрену арқылы икемді шешім

ұсынады. Бұл зерттеу әртүрлі онлайн қауіптердің деректер жинағын пайдалана отырып, машиналық оқытуға негізделген зиянды бағдарламаларды анықтау жүйесін ұсынады. Жұмыс зиянды бағдарламаны анықтау дәлдігін жақсарту үшін классикалық машиналық оқыту алгоритмдерін де, тереңдетіп оқытудың кеңейтілген үлгілерін де, соның ішінде толық қосылған нейрондық желілерді (DNN), ұзақ қысқа мерзімді жад желілерін (LSTM) және қақпалы қайталанатын блоктарды (GRU) қарастырады. Сонымен қатар, зиянды бағдарлама деректер жинағын жіктеу үшін жақында жасалған гибриді терең оқыту үлгісі LSTM-GRU пайдаланылды. Бұл модель LSTM және GRU нейрондық желілерінің күшті сипаттамаларын біріктіреді. Қолданылған машиналық оқыту және терең оқыту үлгілері классификацияның жақсы нәтижелерін көрсетті. Decision Tree, Random Forest және XGBoost машиналық оқыту үлгілері нейрондық желілерден шамамен 0,02-ге асып түсті. Эксперименттер машиналық оқыту алгоритмдері киберқауіпсіздік саласындағы жіктеу тапсырмаларында әлі де күшті екенін көрсетті. Нейрондық желілер арасында қарапайым DNN моделі LSTM және GRU-дан шамамен 0,01-ге нашар болды. Қайталанатын LSTM және GRU үлгілері іс жүзінде бірдей бағалауларды көрсетті. Ұсынылған LSTM-GRU моделі тереңдетіп оқытудың басқа үлгілерінен 0,01-ге асып түсті және 0,99 метрикалық ұпайға қол жеткізген Random Forest үлгісімен салыстыруға болатын. Эксперименттер машиналық оқыту алгоритмдері киберқауіпсіздік саласындағы жіктеу тапсырмаларында әлі де күшті екенін көрсетті. Нейрондық желілер арасында қарапайым DNN моделі LSTM және GRU-дан шамамен 0,01-ге нашар болды. Қайталанатын LSTM және GRU үлгілері іс жүзінде бірдей бағалауларды көрсетті. Ұсынылған LSTM-GRU үлгісі басқа тереңдетіп оқыту үлгілерінен 0,01-ге асып түсті және 0,99 метрикалық ұпайға қол жеткізген Random Forest үлгісімен салыстыруға болатын.

**Түйін сөздер:** Зиянды бағдарламалар, ақпараттық қауіпсіздік, қауіпті анықтау, машиналық оқыту, терең оқыту, Chi-square, классты теңдестіру

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

<sup>1,2</sup>А.Жұмабекова , <sup>1,3</sup>О.Усатова, <sup>1</sup>М.Қалимолдаев, <sup>1,2</sup>В.Карюкин, <sup>1,3</sup>Е.Бегимбаева

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Дукаева, Алматы, Казахстан,  
e-mail: zhumbekova2702@gmail.com

Быстрый рост киберугроз и атак выявил необходимость в надежных мерах информационной безопасности, конфиденциальности и целостности. Вредоносное ПО, являясь значительной категорией киберугроз, предназначено для нарушения работы, повреждения информационных сред и получения несанкционированного доступа к системам, сетям и данным. Различные виды вредоносного ПО, такие как вирусы, черви, трояны, шпионские программы и руткиты, представляют собой все проникающие и развивающиеся угрозы, часто распространяемые через интернет или съемные устройства. Традиционные методы обнаружения, основанные на сигнатурах, эффективны против известных угроз, но сталкиваются с трудностями в идентификации нового вредоносного ПО. Современные методы машинного обучения предлагают более гибкое решение, обучаясь на больших наборах данных без необходимости использования заранее определенных сигнатур. Данное исследование представляет систему обнаружения вредоносного ПО на основе машинного обучения с использованием набора данных о различных сетевых угрозах. В работе изучены как классические алгоритмы машинного обучения, так и продвинутое модели глубокого обучения, включая полносвязные нейронные сети (DNN), сети с длинной краткосрочной памятью (LSTM) и рекуррентные блоки с управляемыми воротами (GRU), с целью повышения точности обнаружения Вредоносного ПО. Более того, для классификации датасета Вредоносного ПО использовалась недавно разработанная гибридная модель глубокого обучения LSTM-GRU. Эта модель сочетает в себе сильные характеристики нейронных сетей

LSTM и GRU. Используемые модели машинного обучения и глубокого обучения продемонстрировали хорошие результаты классификации. Модели машинного обучения Decision Tree, Random Forest и XGBoost превосходили нейронные сети примерно на 0,02. Эксперименты показали, что алгоритмы машинного обучения по-прежнему сильны в задачах классификации в области кибербезопасности. Среди нейронных сетей простая модель DNN была немного хуже LSTM и GRU примерно на 0,01. Рекуррентные модели LSTM и GRU показали в основном идентичные оценки. Предложенная модель LSTM-GRU превзошла другие модели глубокого обучения на 0,01 и была сопоставима с моделью Random Forest, которая достигла оценки метрик 0,99. Эксперименты показали, что алгоритмы машинного обучения по-прежнему сильны в задачах классификации в области кибербезопасности. Среди нейронных сетей простая модель DNN была немного хуже LSTM и GRU примерно на 0,01. Рекуррентные модели LSTM и GRU показали в основном идентичные оценки. Предложенная модель LSTM-GRU превзошла другие модели глубокого обучения на 0,01 и была сопоставима с моделью Random Forest, которая достигла значений метрик в 0,99.

**Ключевые слова:** вредоносное ПО, информационная безопасность, обнаружение угроз, машинное обучение, глубокое обучение, Chi-square, балансировка классов.

**Introduction.** Nowadays, the significant growth of different types of cyber threats and attacks makes people seriously consider possessing information security [1], confidentiality [2], and integrity [3]. The specific characteristics of cyber threats belong to malware. Malware is software designed to damage the information environment, disrupt operations, and gain unauthorized system access, network, and data. Malware [4] represents pervasive and dangerous threats that evolve continuously to exploit vulnerabilities in individual systems and large-scale networks. There is a great variety of malware, including viruses (a type of malware that attaches itself to legitimate files or programs), worms (self-replicating malware that can spread across networks without needing to attach themselves to a host file or program), trojans (this malware pretends to be legitimate software and deceives users into downloading and executing them), spyware (it monitors and collects information about users, such as logins, passwords, credit card numbers, and other sensitive data), rootkits (this malware is designed to give attackers the privilege to access the system while hiding its presence), and different types of threats.

Malware [5] is usually distributed via the Internet and removable devices like flash drives. They affect systems by significantly reducing the computer's performance, significantly reducing the free space of its HDD and SSD drives, and displaying various

advertisements on the screen. This is one of the most obvious signs that the user's computer system is infected with malware. Dangerous malware steals files containing confidential data, hides them inside the computer, and continues to perform malicious actions. In order to protect against malware, various approaches are utilized. The signature-based approach is a traditional method used by antivirus and anti-malware programs. It identifies unique patterns, or signatures, associated with the known malware. During the process of file scanning, the software compares its code to the signature stored in the database. Although this approach can detect many different types of malware, it also encounters problems with recognizing new and previously unseen malware. A modern machine learning-based method proposes a completely new way of detecting malware. It learns from large datasets and does not rely on predefined signatures, which makes it more flexible and capable of identifying previously unseen malware.

The detection of malware with the use of machine and deep learning approaches was explored in many scientific works. The paper [6] focused on classifying malware with DNN and Bi-LSTM. The performance of these two models was strong. DNN reached an accuracy score of 98%, while Bi-LSTM got 99%. In the cybersecurity field, the work [7] demonstrated a new machine-learning framework for detecting different types of malware,



including Ransomware, Spyware, and Trojan Horses. The main algorithm of this framework was the Ensemble-based classifier that proved effective in handling threats and reached an accuracy score of 98%. The research paper [8] analyzes spyware detection using a decision tree machine learning algorithm. It gave an opportunity to get an accuracy score of 99%. This classifier gave an accuracy score of 97%, precision – 88.9%, recall – 88.6%, and F1-score – 88.6%. A very effective Gated Recurrent Unit (GRU) model was implemented in [9], which proved to be especially effective in detecting malicious attacks on the Internet of Things. Its use allowed to achieve a precision score of 99.5%. The work [10] is devoted to analyzing flexible and scalable methods for malware detection in Android mobile devices. The proposed machine learning approach on the DataMD dataset gave the classification accuracy of 98% and 99%.

In this paper, the malware dataset consists of various types of network threats. The machine learning approach is chosen to detect malware. Moreover, it is not restricted to only classical machine learning algorithms but also explores the classification results obtained by such deep learning models as dense neural network (DNN), Long short-term memory (LSTM) neural network, Gated recurrent unit (GRU) neural network, and proposed LSTM-GRU model.

**Materials and methods.** Software development for malware classification includes many significant steps crucial to this task. A suitable dataset with malicious and legitimate elements is gathered. The dataset is characterized by its appropriate specifications for analysis and classification. This repository includes the most relevant malware. When the dataset is gathered, it is necessary to do the subsequent steps where data cleaning, data normalizing, feature selection, class balancing, and classification using the machine and deep learning models are implemented. Data cleaning is significant because noisy or irrelevant data could interfere with the analysis or model performance. Data normalization refers to adjusting the values in the dataset to a common scale without distorting differences in the ranges of values. This is crucial

for machine learning algorithms sensitive to input features' scale. Feature selection leaves only the most relevant features for classification because too many irrelevant or redundant features can lead to overfitting and longer training times. Class balancing allows all classes to be equal, which is important because underrepresented classes can lead to biased models.

**Materials and methods.** The Malware dataset comprises the most relevant malware, comprising 216352 elements and 58 features. It is available by the following link (<https://github.com>). The analysis of this dataset showed that three columns ('ID', 'md5', 'Unnamed: 57') are not valuable and do not carry any meaningful things. Therefore, they were removed. The other features describe more significant characteristics of the dataset. Their detailed specifications are described in the following way:

- Machine: Information about the architecture type, such as x86, x64, etc.
- SizeOfOptionalHeader: The size of the optional header in the PE (Portable Executable) format that provides important information about the file, including entry point, stack size, etc.
- Characteristics: The bit field that indicates attributes of the file, such as if it is an executable or a DLL.
- MajorLinkerVersion: The major version number of the linker, indicating the primary version of the tool used for linking code.
- MinorLinkerVersion: The minor version number of the linker.
- SizeOfCode: The code section's size that indicates the amount of space allocated for executable code.
- SizeOfInitializedData: The size of the initialized data section that includes data already initialized in the file.
- SizeOfUninitializedData: The size of the uninitialized data section that represents the memory that will be allocated at runtime.
- AddressOfEntryPoint: The entry point address,

marking where execution begins when the file is loaded.

- **BaseOfCode**: The base address of the code section, showing where the executable code starts in memory.

- **BaseOfData**: The base address of the data section, marking where initialized and uninitialized data sections start.

- **ImageBase**: The preferred base address of the file when loaded in memory.

- **SectionAlignment**: Aligning sections in memory, ensuring that sections are placed at consistent memory boundaries.

- **FileAlignment**: Aligning sections in the file, ensuring consistency in the physical file layout.

- **MajorOperatingSystemVersion**: The major version of the operating system required to run the file.

- **MinorOperatingSystemVersion**: The minor version of the operating system required to run the file.

- **MajorImageVersion**: The major version of the image or file version.

- **MinorImageVersion**: The minor version of the image or file version.

- **MajorSubsystemVersion**: The major version of the subsystem needed to run the executable, such as the Windows GUI or console.

- **MinorSubsystemVersion**: The minor version of the subsystem needed to run the executable, such as the Windows GUI or console.

- **SizeOfImage**: The total size of the image in memory, including headers, code, and data sections.

- **SizeOfHeaders**: The size of all headers combined, providing metadata about the PE file layout.

- **Checksum**: The checksum value used to verify file integrity.

- **Subsystem**: The specifications of the required

subsystem, such as Windows GUI, console, or device drivers.

- **DllCharacteristics**: The characteristics of a DLL file, including settings for security and memory handling.

- **SizeOfStackReserve**: The amount of memory reserved for the stack, which handles function calls and local variables.

- **SizeOfStackCommit**: The amount of memory committed to the stack, ready for immediate use.

- **SizeOfHeapReserve**: The amount of memory reserved for the heap, where dynamic allocations are made.

- **SizeOfHeapCommit**: The amount of memory committed to the heap, allocated and ready for use.

- **LoaderFlags**: The flags for the PE loader that are usually set to zero but can indicate specific loading requirements.

- **NumberOfRvaAndSizes**: The number of data directory entries in the PE header.

- **SectionsNb**: The number of sections in the file representing a logical part of the file, such as code or data.

- **SectionsMeanEntropy**: The mean entropy of all sections used to detect obfuscation or encryption in malware.

- **SectionsMinEntropy**: The minimum entropy among the sections that can help to identify highly ordered or structured data.

- **SectionsMaxEntropy**: The maximum entropy among the sections useful for identifying highly randomized data.

- **SectionsMeanRawsize**: The average raw size of sections in the file.

- **SectionsMinRawsize**: The minimum raw size of any section in the file.

- **SectionMaxRawsize**: The maximum raw size of any section in the file.

- SectionsMeanVirtualsize: The average virtual size of sections when loaded in memory.
- SectionsMinVirtualsize: The minimum virtual size of sections when loaded.
- SectionMaxVirtualsize: The maximum virtual size of sections when loaded.
- ImportsNbDLL: The number of DLLs imported by the executable.
- ImportsNb: The total number of imports across all DLLs.
- ImportsNbOrdinal: The number of ordinal imports, which use numbers instead of names to locate functions.
- ExportNb: The number of exports in the file, representing functions the file makes available to other modules.
- ResourcesNb: The number of resources embedded in the file, such as icons or strings.
- ResourcesMeanEntropy: The average entropy of resources, useful for detecting compressed or encrypted resources.
- ResourcesMinEntropy: The minimum entropy among resources.
- ResourcesMaxEntropy: The maximum entropy among resources.
- ResourcesMeanSize: The average size of resources in the file.
- ResourcesMinSize: The minimum size of resources in the file.
- ResourcesMaxSize: The maximum size of resources in the file.
- LoadConfigurationSize: The size of the load configuration table, which can specify security and debugging settings.
- VersionInformationSize: The size of the version information, providing metadata like version numbers and copyright.

**Data normalization.** The dataset is cleaned and normalized. In the data-cleaning phase, the elements with many missing values are removed. The duplicate records are also identified and eliminated.

When the dataset elements are cleared, a more important normalization step occurs. Normalization [11] usually presents the scaling numerical data of a specific range, commonly from 0 to 1. Normalization guarantees that features with larger ranges do not dominate those with smaller ranges, making the model more stable and preventing bias in the learning process. One of the most convenient ways to normalize the values of the dataset is to utilize the Min-Max scaling technique. It is a widespread approach that efficiently normalizes the values of features. It is computed by the following formula (1):

$$Y'_{scaled} = \frac{Y - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}}, \quad (1)$$

where  $Y$  is an initial value;  $Y_{min}$  is a minimum value;  $Y_{max}$  is a maximum value;  $Y'_{scaled}$  is a scaled value.

**Feature selection.** The feature selection process is realized with the use of the Chi-square metric. This metric is a statistical measure used to estimate the relationship between features and the target value, providing the degree of their independence. Before calculating the statistical value of every feature, all of them are converted to the numerical form. The contingency table is created for all the features with the following formula (2):

$$x^2 = \sum \frac{V_i - U_i)^2}{U_i} \quad (2)$$

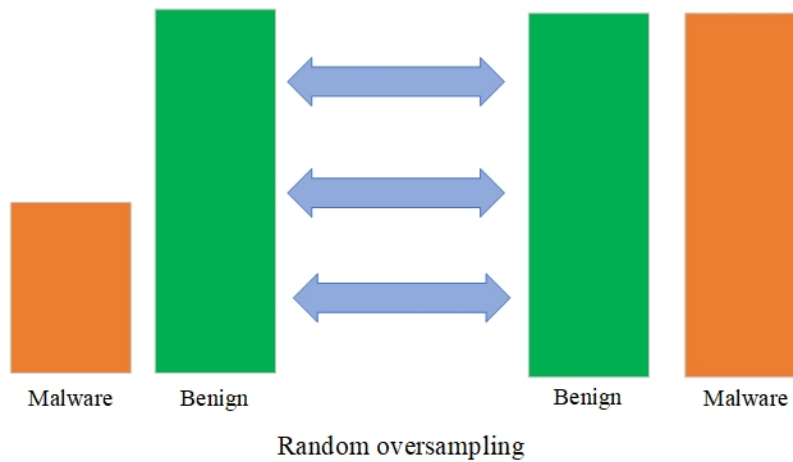
where  $V_j$  is observed frequency, and  $U_j$  is the expected frequency.  $U_j$  is computed as (3):

$$U_i = \frac{row\_total \times column\_total}{grand\_total} \quad (3)$$

The features are ordered in a descending way by the calculated Chi-square values.

**Class balancing.** The vectorized data is checked for balancing. If the dataset is imbalanced, the special balancing technique called Random oversampling is applied to the dataset to make classes equal. This method randomly selects elements from the minority class and duplicates them to balance the dataset. The duplicated elements

are added to the training set until the number of elements in the minority class equals the number in the majority class. The class balancing with the use of Random oversampling is shown in Figure 1.

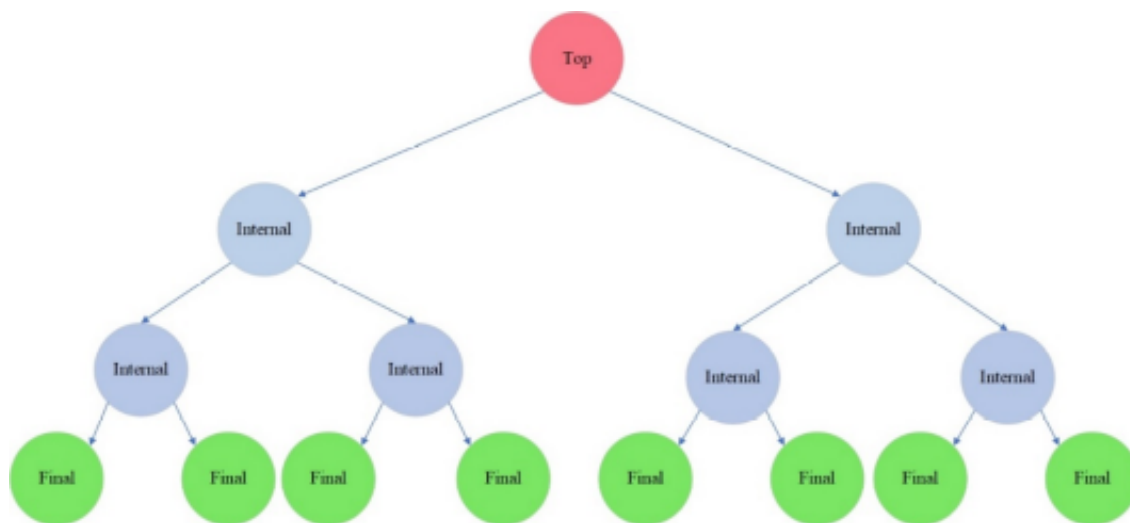


**Figure 1-Class balancing with Random oversampling**

**Classification with machine learning and deep learning models.** When the classes are balanced, the dataset is classified with machine and deep learning models. There are several such models, among which the most popular are Decision Tree, Random Forest, XgBoost, Dense neural network (DNN), Gated recurrent unit (GRU) neural network, and Long short-term memory (LSTM) neural network.

A Decision Tree [12] is a supervised machine-learning model for the classification task. This model is structured like a tree, with internal nodes

representing decisions based on feature values, branches that demonstrate the outcomes of those decisions, and leaf nodes of the final prediction and output. The topmost node of the tree presents the entire dataset, which is the starting point for decision-making and is split based on the feature that provides the best separation of the data. At the internal nodes, the dataset is split into two or more subgroups based on the chosen feature’s value. The final nodes do not further split and correspond to a class label. The structure of the Decision Tree is shown in Figure 2.



**Figure 2-Decision Tree**

A Random Forest [13] is a machine-learning algorithm that is based on the concept of ensemble learning. It builds multiple decision trees and combines their results to improve the Accuracy of a single decision tree. The Random Forest algorithm uses bagging to create multiple training datasets by randomly sampling from the original dataset with replacement. Each decision tree is trained on a different bootstrapped dataset, ensuring the trees are diverse and uncorrelated. Generally, the Random Forest algorithm has the following specifications:

- It trains pretty quickly.
- It effectively processes datasets with a large number of features.
- It predicts data with very high Accuracy.
- It shows good efficiency even with a large number of missing data.
- It has high scalability.

The structure of Random Forest is shown in Figure 3.

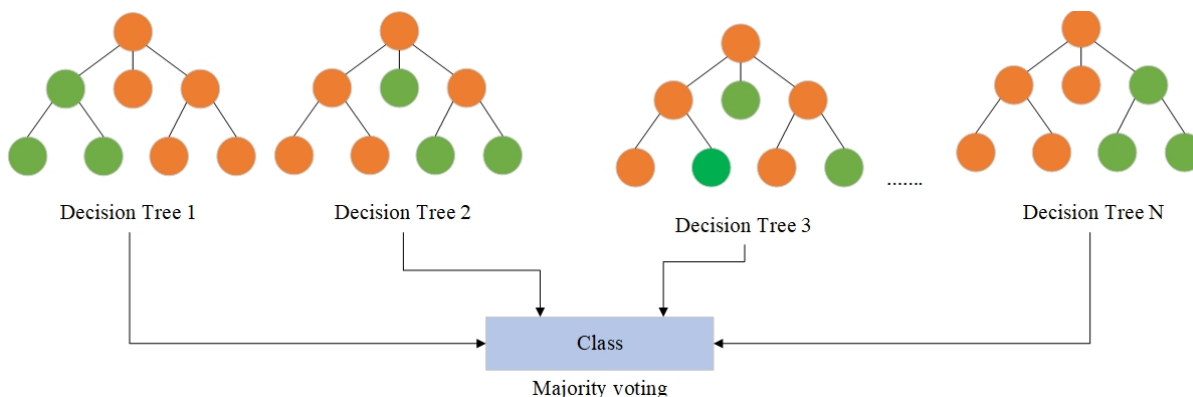


Figure 3 - Random Forest

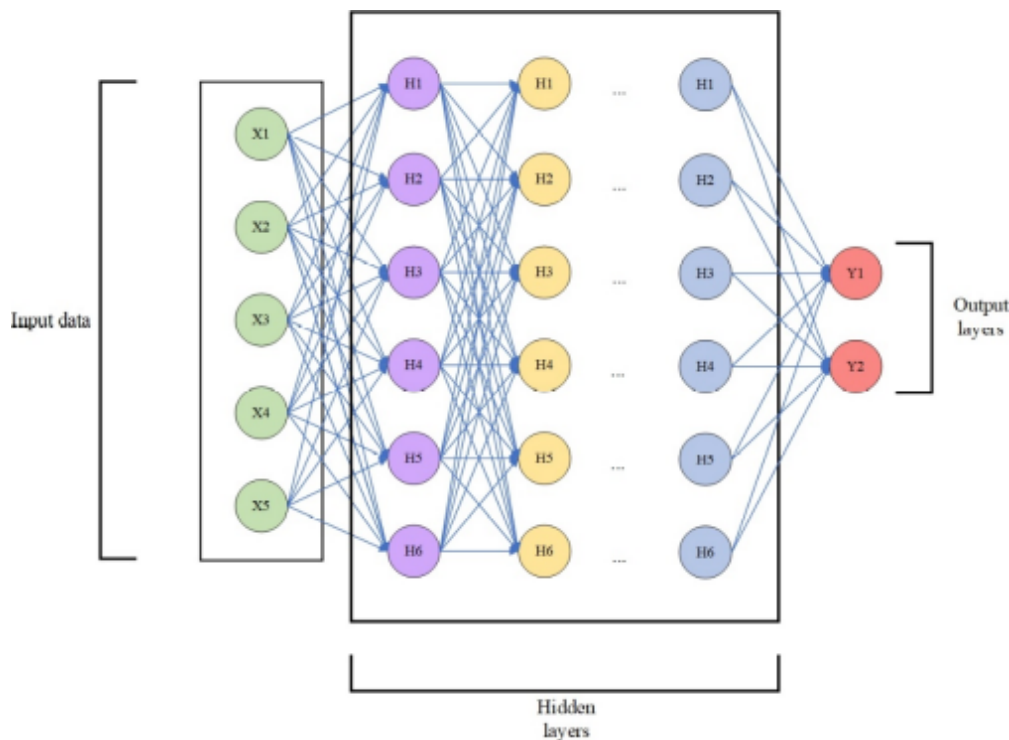


Figure 4 - Dense neural network



XGBoost [14] is a very strong machine-learning algorithm widely used in the classification task. It lies in a series of boosting algorithms that combine the predictions of multiple learners. XGBoost is known for its efficiency and high performance. Employing an ensemble approach corrects the errors made in previous iterations through the next model. During each step, the deviations of the ensemble's predictions are assessed on the training data, and the model is optimized by introducing new tree forecasts to reduce the overall deviation. This process continues until the desired error threshold is met or an early stopping condition is triggered.

A Dense neural network (DNN) [15] is a fundamental type of neural network in which each neuron in one layer is connected to every neuron in the subsequent layer. It is the simplest architecture in neural networks, typically used as the basic one in deep learning. In this architecture, the input layer receives the input data  $x = x_1, x_2, \dots, x_n$ , and  $w_1, w_2, \dots, w_n$  present weights of each level,

and  $b_1, b_2, \dots, b_n$  of the input layer. The hidden layers consist of neurons that apply weights to the input features, followed by an activation function that produces non-linearity. There are usually many hidden layers in a neural network. The output layer shows the final prediction that usually corresponds to the number of classes: binary (two – 0 or 1) and multiclass (three or more). The scheme of DNN is presented in Figure 4.

A Long short-term memory (LSTM) [16] is a type of Recurrent neural network designed to effectively capture long-term dependencies in the sequential data and avoid problems related to the vanishing gradient. An LSTM cell contains three types of gates: input, forget, and output, which regulate the stream of information through the whole network. The forget gate decides which information to discard from the cell state, while the input gate selects new information to store. The output gate defines the information that is required to be extracted from the current cell state.

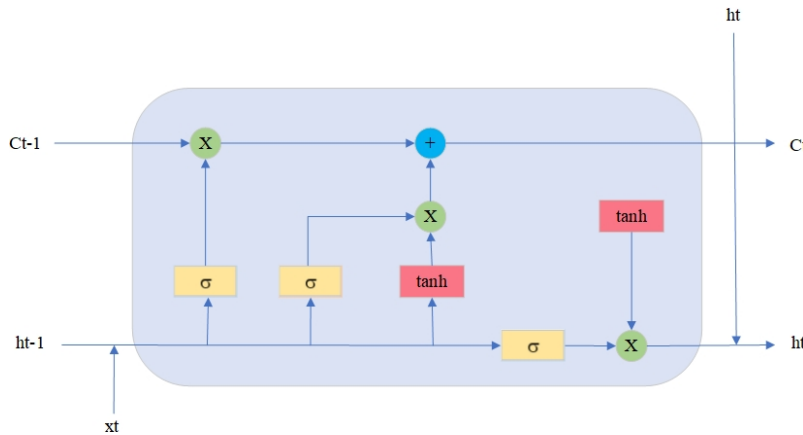


Figure 5 - Long short-term memory neural network

The forget gate is calculated as (4):

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (4)$$

where  $f_t$  is a forget gate output;  $\sigma$  is a sigmoid activation function;  $W_f$  are weights for the forget gate;  $h_{t-1}$  state from the previous time step;  $x_t$  is a current input;  $b_f$  is bias for the forget gate.

The input gate is computed as (5):

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i), \quad (5)$$

where  $i_t$  is an input gate;  $W_i$  are weights for the input gate;  $b_i$  is bias for the input gate.

The cell state is calculated as (6):

$$C_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c), \quad (6)$$

where  $C_t$  is a cell state;  $W_c$  are weights for the

cell state;  $b_c$  is bias for the cell state.

The output gate is computed as (7):

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o), \quad (7)$$

where  $o_t$  is the output gate;  $b_o$  is bias for the output gate.

The scheme of the LSTM model is shown in Figure 5.

A GRU [17] is another type of Recurrent neural network designed to capture dependencies in sequential data like LSTM but with a simpler structure. GRU combines the hidden and cell states into one entity, making them computationally more efficient than LSTM [18]. GRU includes update, reset gates, candidate hidden state, and final hidden state.

The update gate is calculated as (8):

$$z_t = \sigma(W_z \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_z), \quad (8)$$

where  $z_t$  is an update gate;  $\sigma$  is a sigmoid activation function;  $W_z$  is a weight matrix for the update gate.

The reset gate is computed as (9):

$$r_t = \sigma(W_r \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_r), \quad (9)$$

where  $r_t$  is a reset gate;  $W_r$  is a weight matrix for the reset gate;  $b_r$  is a bias for the reset gate.

The hidden state is calculated as (10):

$$\tilde{h}_t = \tanh(W_h \cdot [r_t * h_{t-1}, x_t] + b_h), \quad (10)$$

where  $\tilde{h}_t$  is a candidate hidden state, which incorporates the current input and the reset hidden state;  $W_h$  is the weight matrix for the candidate hidden state;  $b_h$  is a bias term for the candidate hidden state;  $*$  is the element-wise multiplication.

The final hidden state is computed as (11):

$$h_t = z_t * h_{t-1} + (1 - z_t) * \tilde{h}_t, \quad (11)$$

where  $h_t$  is a final hidden state for the current time step;  $z_t$  is an update gate controlling how much of the previous hidden state to keep and how much of the candidate state to add.

The scheme of the GRU neural network is shown in Figure 6.

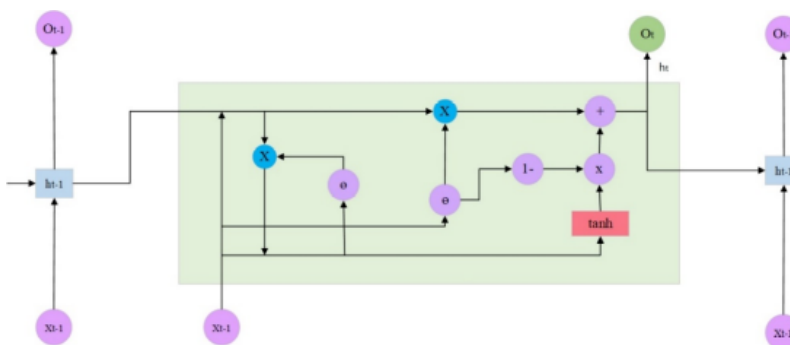


Figure 6 - Gated recurrent unit neural network

The machine learning and neural network algorithms presented above have been widely used and distributed in many works due to their success in data classification tasks. In this study, they also successfully coped with the task of malware detection. However, to improve the efficiency of threat detection, a new hybrid neural network

model, which includes LSTM and GRU layers, was developed. This model combines the advantages of both architectures for more efficient data processing. The first recurrent LSTM layer helps model long-term dependencies in data, revealing patterns useful for identifying threats. Since LSTM has memory, it retains information about previous

steps, which is especially important in sequence analysis. The GRU layer follows LSTM and helps simplify the model training by reducing the number of parameters compared to LSTM, making it more efficient. The hybrid LSTM-GRU model uses the advantages of both architectures. The LSTM layer is used as the first layer to process the data, and the GRU can be used in the next stage to speed up

the training and processing of the output data. This reduces the training time on large datasets. Overall, the hybrid LSTM-GRU model offers enough functionality to handle complex models without overloading the computational resources of the machines. The scheme of the hybrid LSTM-GRU neural network model is shown in Fig. 7.

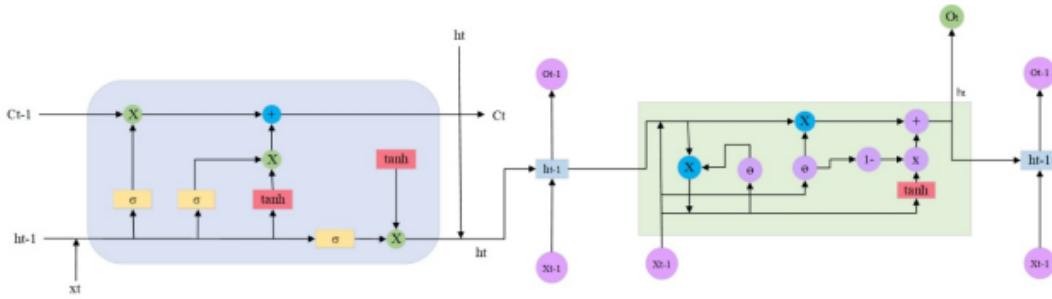


Figure 7 - LSTM-GRU neural network

**Results and discussion.** Malware classification experiments [19] were tested on the corresponding dataset. First of all, the dataset was cleaned and preprocessed. Three unmeaning features were eliminated, while the remaining 55 features were normalized with the Min-Max scaling technique [20]. The feature selection algorithm was applied to the normalized dataset, retrieving the 20 most significant ones. In total, 3 machine learning (Decision Tree, Random Forest, XgBoost), 3 deep learning (DNN, LSTM, and GRU), and 1 proposed hybrid LSTM-GRU deep learning model were used to classify the dataset.

The results were evaluated with the use of 4 measures: Accuracy, Precision, Recall, and F1-score. Accuracy measures the portion of correctly classified elements out of the whole number of elements. The formula for calculating Accuracy is shown in (12):

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{Total\_number} \quad (12)$$

Precision is the portion of correctly predicted positive elements to the total elements that were predicted as positive. Precision is computed as (13):

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (13)$$

Recall is the portion of correctly predicted positive elements to the total actual positive elements. Recall is computed as (14):

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (14)$$

F1-score is the metric characterizing the balance between Precision and Recall. F1-score is computed as (15):

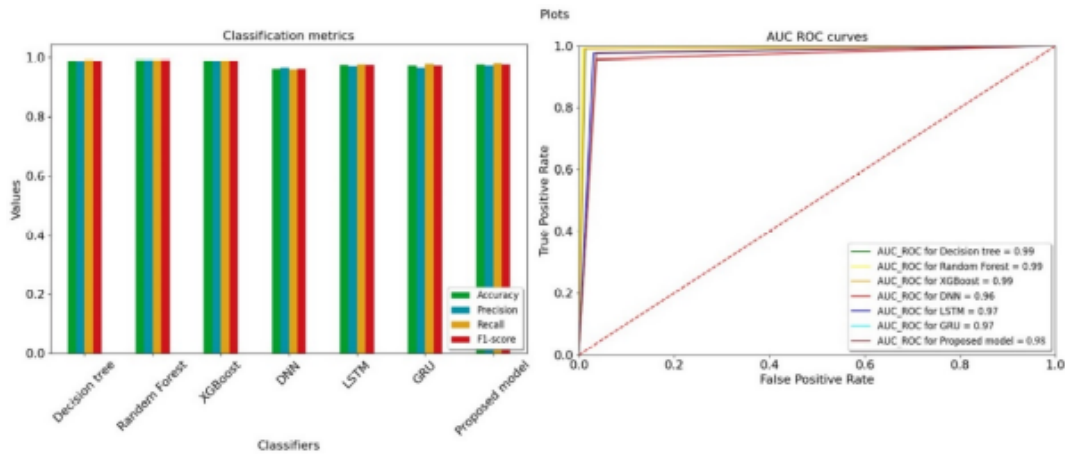
$$F1 - score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (15)$$

The results of classifying the Malware dataset with machine learning and deep learning models were evaluated with the described metrics, the histograms, and the Area Under the ROC curve. The AUC-ROC value is in the range of 0 to 1.0. A value of 1.0 means an ideal classifier; a value of 0.5 describes random guessing, and a value less than 0.5 identifies a problematic case.

The results of the experiments that were conducted are shown in Table 1 and Figure 7.

**Table 1. The values of Malware classification**

Metrics	Decision Tree	Random Forest	XGBoost	DNN	LSTM	GRU	Proposed LSTM-GRU model
Accuracy	0.988	0.992	0.989	0.959	0.972	0.971	0.986
Precision	0.985	0.991	0.987	0.962	0.972	0.966	0.981
Recall	0.991	0.993	0.991	0.957	0.972	0.976	0.989
F1-score	0.988	0.992	0.989	0.960	0.972	0.971	0.985



**Figure 7-Histograms and an AUC-ROC curve**

All seven models showed good classification results. The Decision Tree, Random Forest, and XGBoost machine learning models gave high accuracy scores. It proves that machine learning algorithms are still strong in the classification tasks of the cybersecurity field. The Random Forest model reached scores of 0.99, being the best among other machine learning models. This proves that Random Forest has always had the greatest potential in classification tasks. Among neural networks, the simple DNN model was a little worse than LSTM and GRU by around 0.01. The recurrent LSTM and GRU models showed mostly identical scores. The proposed LSTM-GRU model outperformed other deep learning models by 0.01 and demonstrated good tendencies in getting even higher scores in case of having larger datasets.

**Conclusion.** The fast development of computer technologies has led to the appearance of a large number of cyber threats that advance in breaches of

security and confidentiality of information systems. The practical side of this research presents the creation and testing of malware detection models that can improve the security and resilience of information systems to modern cyber threats. Malware is one of the most dangerous threats because many of its forms exist, including viruses, worms, trojans, spyware, etc. They can rapidly spread in the information environment. Therefore, effective measures of their detection and prevention have become especially relevant in the last decade. The traditional ways of protecting against such cyber threats have become less significant in recent years. It is necessary to utilize other advanced methods. This research is based on machine learning algorithms and deep learning models, which allow the analysis of malware based on known signatures and identify new, previously unknown threats. The practical experiments of this research work covered the detection of malware threats with the

use of seven machine learning and deep learning models, including Decision Tree, Random Forest, XGBoost, DNN, LSTM, GRU, and the proposed hybrid LSTM-GRU, giving accuracy scores above 0.95. The LSTM-GRU and Random Forest models reached scores of 0.98 and 0.99, being very close to the ideal result. It is also planned to extend this research, adding more experiments to classify various other types of threats in future works. Therefore, the study demonstrates that using machine learning and deep learning to analyze

malware can improve the accuracy and reliability of classification and increase the flexibility of security systems, making them less vulnerable to new, unpredictable threats.

***Financing.** This work was carried out under project AP19675957, titled “The research and development of the system for ensuring the protection of medical data using blockchain technology and artificial intelligence methods,” implemented at the Institute of Information and Computational Technologies.*

### References

1. Khando, K., Gao, S., Islam, S. M., & Salman, A. Enhancing employees information security awareness in private and public organisations: A systematic literature review // *Computers & security*. -2021.- Vol. 106. DOI 10.1016/j.cose.2021.102267.
2. Nissenbaum, H. Protecting privacy in an information age: The problem of privacy in public // *In The ethics of information technologies*. Routledge. -2020.- P. 141-178. DOI 10.2307/3505189.
3. Shelke, M.V., Deshmukh, J.Y., Ajalkar, D.A., & Dhumal, R.B. A Robust Ensemble Learning Approach for Malware Detection and Classification // *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*.-2024.-Vol. 48(1).- P. 152-167. DOI 10.37934/araset.48.1.152167.
4. Zhao, Q., Chen, S., Liu, Z., Baker, T., & Zhang, Y. Blockchain-based privacy-preserving remote data integrity checking scheme for IoT information systems // *Information Processing & Management*. -2020. - Vol. 57(6). DOI 10.1016/j.ipm.2020.102355.
5. Tun Li, Ya Luo, Xin Wan, Qian Li, Qilie Liu, Rong Wang, Chaolong Jia, Yunpeng Xiao. A malware detection model based on imbalanced heterogeneous graph embeddings // *Expert Systems with Applications*.-2024.-Vol. 246. 123109. DOI 10.1016/j.eswa.2023.123109.
6. Caixia Gao, Yao Du, Fan Ma, Qiuyan Lan, Jianying Chen, Jingjing Wu. A new adversarial malware detection method based on enhanced lightweight neural network // *Computers & Security*. -2024. -Vol. 147. DOI 10.1016/j.cose.2024.104078.
7. Wira Zanoramy, Mohd Faizal Abdollah, Othman Abdollah, & S.M. Warusia Mohamed S.M.M. Ransomware Early Detection using Machine Learning Approach and Pre-Encryption Boundary Identification // *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. -2024. -Vol. 47(2).- P. 121 - 137. DOI 10.37934/araset.47.2.121137.
8. Hossain, M.A., Islam, M.S. Enhanced detection of obfuscated malware in memory dumps: a machine learning approach for advanced cybersecurity // *Cybersecurity*. -2024. -Vol. 7(16). DOI 10.1186/s42400-024-00205-z.
9. Mosleh M. Abualhaj, Ahmad Sami Al-Shamayleh, Alhamza Munther, Sumaya Nabil Alkhatib, Mohammad O. Hiari, Mohammed Anbar. Enhancing spyware detection by utilizing decision trees with hyperparameter optimization // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. -2022. -Vol. 13(5). - P. 3653-3662. DOI 10.11591/eei.v13i5.7939.
10. Ahmad Heryanto, Deris Stiawan, Adi Hermansyah, Rici Firnando, Hanna Pertiwi, Mohd Yazid Bin Idris, Rahmat Budiarto The incorporation of stacked long short-term memory into intrusion detection



systems for botnet attack classification // IAES International Journal of Artificial Intelligence. -2024. -Vol. 13(3).- P. 3657-3670. DOI 10.11591/ijai.v13.i3.pp3657-3670.

11. Aso Mafakheri, Sadeh Sulaimany. Android malware detection through centrality analysis of applications network//Applied Soft Computing. -2024.-Vol. 165. DOI10.1016/j.asoc.2024.112058.

12. Singh, D., & Singh, B. Investigating the impact of data normalization on classification performance // Applied Soft Computing. -2020. -Vol. 97. DOI 10.1016/j.asoc.2019.105524.

13. Anđelic, N., & Baressi Šegota, S. Development of symbolic expressions ensemble for breast cancer type classification using genetic programming symbolic classifier and decision tree classifier // Cancers. -2023. - Vol. 15(13). DOI 10.3390/cancers15133411.

14. Manzali, Y., & Elfar, M. Random forest pruning techniques: a recent review // In Operations research forum. -2023. -Vol. 4(43). DOI 10.1007/s43069-023-00223-6.

15. Hariharan, B., Siva, R., Sadagopan, S., Mishra, V., & Raghav, Y. Malware Detection Using XGBoost based Machine Learning Models-Review // In 2023 2nd International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA). -2023. -P. 964-970. DOI 10.1109/ICECAA58104.2023.10212327.

16. Gupta, K., Jiwani, N., Sharif, M. H. U., Datta, R., & Afreen, N. A Neural Network Approach For Malware Classification // In 2022 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS). -2022. -P. 681-684. DOI 10.1109/ICCCIS56430.2022.10037653.

17. Catak, F. O., Ahmed, J., Sahinbas, K., & Khand, Z. H. Data augmentation based malware detection using convolutional neural networks // Peerj computer science. - 2021. DOI 10.7717/peerj-cs.346.

18. Thakur, P., Kansal, V., & Rishiwal, V. Hybrid deep learning approach based on lstm and cnn for malware detection // Wireless Personal Communications. -2024. -Vol. 136(3). - P.1879-1901. DOI 10.1007/s11277-024-11366-y.

19. Kolli, S., Balakesavareddy, P., & Saravanan, D. Neural Network based Obfuscated Malware detection // In 2021 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN). -2021. DOI 10.1109/ICSCAN53069.2021.9526496.

20. Ussatova, O., Zhumabekova, A., Begimbayeva, Y., Matson, E. T., & Ussatov, N. Comprehensive DDoS Attack Classification Using Machine Learning Algorithms // Computers, Materials & Continua. -2022. -Vol. 73(1). - P. 577-594. DOI 10.32604/cmc.2022.026552.

21. Ussatova, O., Zhumabekova, A., Karyukin, V., Matson, E. T., Ussatov, N. The development of a model for the threat detection system with the use of machine learning and neural network methods //International Journal of Innovative Research and Scientific Studies. -2024.-Vol. 7(3). -P. 863- 877. DOI 10.53894/ijirss.v7i3.2957.

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

Zhumabekova A.- master, Institute of Information and Computational Technologies, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova2702@gmail.com;

Ussatova O.- PhD, associate professor, Institute of Information and Computational Technologies, G.Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan, e-mail: uoa\_olga@mail.ru;

Kalimoldayev M. – doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan, e-mail: mnk@ipic.kz;

Karyukin V.-PhD, Institute of Information and Computational Technologies, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: vladislav.karyukin@gmail.com;

Begimbayeva Y.-PhD, Associate professor, Institute of Information and Computational Technologies, G.Daukeev Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Enlik\_89@mail.ru

## *Сведения об авторах*

Жұмабекова А.Т.-магистр, Институт информационных и вычислительных технологий, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: zhumabekova2702@gmail.com;


Усатова О.А. - PhD, ассоциированный профессор (доцент), Институт информационных и вычислительных технологий, Алматинский Университет Энергетики и Связи им. Г.Даукеева, Алматы, Казахстан, e-mail: uoa\_olga@mail.ru;

Калимолдаев М.Н.- доктор физико-математических наук, профессор, Академик НАН РК, Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан, e-mail: mnk@ipic.kz;

Карюкин В.И.- PhD, Институт информационных и вычислительных технологий, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: vladislav.karyukin@gmail.com;

Бегимбаева Е.Е. - PhD, ассоциированный профессор (доцент), Институт информационных и вычислительных технологий, Алматинский Университет Энергетики и Связи им. Г.Даукеева, Алматы, Казахстан, e-mail: Enlik\_89@mail.ru

## КАТАЛИТКАЛЫҚ КРЕКИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫНАН ӨНІМНІҢ ШЫҒУЫН PYTHON БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ОРТАСЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ


<sup>1</sup>Н.Боранбаева, <sup>1</sup>Б.Оразбаев , <sup>2</sup>Л.Рзаева, <sup>3</sup>Ж.Карабаев, <sup>4</sup>Б.Серимбетов

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>Astana IT University, Астана қ., Қазақстан,

<sup>3</sup>Auezov University, Шымкент қ., Қазақстан,

<sup>4</sup> Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

 Корреспондент-автор: batyr\_o@mail.ru

Мақалада Python бағдарламалық ортасында регрессия әдістерін қолдану арқылы каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімнің шығуын анықтау тапсырмасы қарастырылады. Каталитикалық крекинг мұнай өндірудің негізгі процесі болғандықтан, өнімнің шығуын нақты болжау технологиялық параметрлерді оңтайландыру және өнімнің тиімділігін арттыру үшін өте маңызды. Сараптама үшін Шымкент мұнай өндіру зауытының статистикалық мәліметтері қолданылды, бұл ұсынылған әдісті нақты өндіріс шарттарында қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Мақалада реактордағы және регенератордағы температура, қысым, шикізат тығыздығы және катализатор шығыны сияқты әр түрлі технологиялық параметрлердің әсер етуін талдау нәтижесінде модельдерді жасап шығару әдістемесі қарастырылған. Pandas, Scikit-learn және Matplotlib сияқты Python мәліметтерді талдау инструменттері мен кітапханаларын қолдану толық талдау жасап, нәтижелерін визуализациялауға мүмкіндік береді. Модельдің сапасын бағалау детерминациялау коэффициенті ( $R^2$ ) және қалдық қателерді талдау арқылы жүргізіледі. Алынған нәтижелер моделдің жоғарғы дәлдігі мен ұсынылған тәсілдің өндірістегі мұнай өндіру процестерін болжау және оңтайландыру мүмкіндігін дәлелдейді. Сондай-ақ, ұсынылған тәсілді мұнай өңдеу процестерін оңтайландыру, технологиялық шешімдерді жақсарту және мұнай-химия саласындағы өндірістердің жалпы экономикалық тиімділігін арттыру үшін сәтті қолдануға болатындығы атап өтілді.

**Түйін сөздер:** модельдеу, каталитикалық крекинг, python, детерминациялау коэффициенті, айқын емес логика, компьютерлік модельдеу, оңтайландыру, каталитикалық крекинг қондырғысы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА ПРОДУКТА ИЗ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ PYTHON

<sup>1</sup>Н.Боранбаева, <sup>1</sup>Б.Оразбаев , <sup>2</sup>Л.Рзаева, <sup>3</sup>Ж.Карабаев, <sup>4</sup>Б.Серимбетов

<sup>1</sup>Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>Astana IT University, г. Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Auezov University, г. Шымкент, Казахстан,

<sup>4</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова,  
e-mail: batyr\_o@mail.ru

В данной статье рассматривается задача определение выхода продукта из установки каталитического крекинга с использованием методов регрессии в программной среде Python. Каталитический крекинг является одним из ключевых процессов в нефтепереработке, и точное прогнозирование выхода продукта имеет важное значение для оптимизации технологических параметров и повышения эффективности производства. Для анализа использованы статистические данные Шымкентского нефтеперерабатывающего завода, что позволяет применить предложенные методы к реальным производственным условиям. В работе представлены методология разработки модели на основе анализа влияния различных технологических параметров, таких как температура, давление, плотность сырья и расход катализатора. Применение инструментов анализа данных и библиотек Python, таких как Pandas, Scikit-learn и Matplotlib, позволяет провести детальный анализ и визуализацию результатов. Оценка качества модели производится с помощью коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и анализа

остаточных ошибок. Полученные результаты демонстрируют высокую точность модели и подтверждают возможность использования предложенного подхода для прогнозирования и оптимизации процессов нефтепереработки в промышленной практике. Также подчеркивается, что предложенный подход может быть успешно применен для оптимизации процессов нефтепереработки, улучшения технологических решений и повышения общей экономической эффективности производств в нефтехимической отрасли.

**Ключевые слова:** моделирование, каталитический крекинг, python, коэффициент детерминации, нечеткая логика, компьютерное моделирование, оптимизация, установка каталитического крекинга.

## DETERMINATION OF PRODUCT YIELD FROM A CATALYTIC CRACKING UNIT USING THE PYTHON PROGRAMMING ENVIRONMENT

<sup>1</sup>N.Boranbayeva, <sup>1</sup>B.Orazbayev, <sup>2</sup>L.Rzayeva, <sup>3</sup>Zh.Karabayev, <sup>4</sup>B.Serimbetov

<sup>1</sup> L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup> Astana IT University, г. Астана, Kazakhstan,

<sup>3</sup> Auezov University, Shymkent, Kazakhstan,

<sup>4</sup> K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: batyr\_o@mail.ru

This article addresses the task of forecasting product yield from a catalytic cracking unit using regression methods within the Python programming environment. Catalytic cracking is one of the key processes in oil refining, and accurate product yield forecasting is crucial for optimizing technological parameters and improving production efficiency. Statistical data from the Shymkent Oil Refinery were used for the analysis, which allows us to apply the proposed methods to real production conditions. The paper presents a model development methodology that analyzes various technological parameters, such as temperature, pressure, feedstock density, and catalyst consumption. Using data analysis tools and Python libraries, such as Pandas, Scikit-learn, and Matplotlib, enables detailed analysis and visualization of results. The model's quality is assessed using the coefficient of determination ( $R^2$ ) and residual error analysis. The results obtained demonstrate the high accuracy of the model and confirm the feasibility of using the proposed approach for forecasting and optimizing oil refining processes in industrial practice. Against the background of the growing relevance of issues related to the diagnosis of brain stroke, modern research in the field of medical diagnostics is trying to use advanced deep learning methods to improve the detection of this serious disease. It is also emphasized that the proposed approach can be successfully applied to optimize refining processes, improve technological solutions and increase the overall economic efficiency of production in the petrochemical industry.

**Keywords:** modeling, catalytic cracking, Python, coefficient of determination, fuzzy logic, computer modeling, optimization, unit of catalytic cracking.

**Кіріспе.** Каталитикалық крекинг жоғары октанды бензиндер мен басқа да жеңіл мұнай өнімдерін өндіруде шешуші рөл атқаратын мұнай өңдеудегі маңызды процестердің бірі болып табылады. Бұл процестің тиімділігі температура, қысым, шикізаттың тығыздығы және катализатордың шығыны сияқты көптеген технологиялық параметрлерге тікелей байланысты. Каталитикалық крекинг қондырғыларының жұмысын оңтайландыру және олардың өнімділігін арттыру үшін технологиялық параметрлер туралы мәліметтер

негізінде өнімнің шығуын дәл болжау қажет. Деректерді талдау мен машиналық оқытудың заманауи әдістері өндіріс процестерін едәуір жақсарту алатын болжамды модельдерді құрудың қуатты құралдарын ұсынады. Атап айтқанда, регрессиялық талдау машиналық оқытудың негізгі әдістерінің бірі ретінде айнымалылар арасындағы байланысты талдау және әртүрлі көрсеткіштерді болжау үшін кеңінен қолданылады.

Бұл мақалада Python бағдарламалық жасақтамасында жүзеге асырылған регрессия әдістерін

қолдана отырып, каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімнің шығуын болжау тәсілі ұсынылады. Python Pandas, Scikit-learn және Matplotlib сияқты қуатты деректерді талдау және визуализация кітапханаларының арқасында мұндай модельдерді өнеркәсіптік тәжірибеге енгізу және жасақтау үшін таңдаулы құралға айналуға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыстың мақсаты болжау моделін әзірлеу және бағалау болып табылады, ол өнімнің шығуын жоғары дәлдікпен болжап қана қоймай, сонымен қатар нақты жағдайларда технологиялық процестерді одан әрі оңтайландыру үшін осы болжамдарды қолдануға мүмкіндік береді. Мақалада параметрлерді таңдаудан бастап болжау сапасын бағалауға дейінгі модельді әзірлеудің барлық кезеңдері қарастырылады, сонымен қатар ұсынылған тәсілдің тиімділігін растайтын нәтижелер талқыланады. Өнімнің каталитикалық крекинг қондырғысынан шығуын болжау күрделі міндет болып табылады, ол шикізаттың құрамы, процесс шарттары және катализатордың сипаттамалары сияқты көптеген факторларды ескеруді талап етеді. Соңғы жылдары мұнай-химия саласындағы зерттеушілер мен тәжірибешілер болжау дәлдігін жақсарту және процесті оңтайландыру үшін деректерді талдау және машиналық оқыту әдістеріне көбірек бет бұруда.

Регрессия-химиялық процестерді болжауда ең көп қолданылатын әдістердің бірі. [1] жұмыста регрессиялық модельдер айнымалылар арасындағы тәуелділікті талдаудың негізгі мүмкіндіктерін ұсынады. Зерттеулер көрсеткендей, регрессиялық модельдер қарапайымдылығына қарамастан, әсіресе деректерді алдын ала талдау және негізгі трендтерді анықтау жағдайында күрделі тәсілдер үшін жақсы бастама бола алады, [2]. Python бағдарламалық ортасының Pandas, NumPy және scikit-learn сияқты қуатты кітапханалары мен құрылымдарының арқасында деректерді талдаудың танымал құралына айналды. Бірқатар жұмыстар [3] бұл құралдар регрессиялық модельдерді құру және бағалау процесін едәуір жеңілдететінін атап өтті. Python сонымен қатар деректерді визуализациялау және модельдеу үшін ыңғайлы құралдарды ұсынады, бұл оны мұнай-химия практиктері үшін ерекше құнды

етеді. Каталитикалық крекинг саласындағы заманауи зерттеулер көбінесе нейрондық желілер сияқты күрделі машиналық оқыту әдістерін қолдануды қамтиды [4]. Бұл әдістер үлкен көлемдегі деректермен және күрделі тәуелділіктермен жұмыс істегенде жоғары тиімділікті көрсетеді. Алайда, [5] атап өткендей, мұндай әдістерді өнеркәсіптік тәжірибеге біріктіру айтарлықтай есептеу ресурстарын және процестерді терең түсінуді қажет етеді. Қосымша зерттеуді қажет ететін маңызды аспектілер - болжамдардың дәлдігі және нәтижелерді түсіндіру. [6] ғылыми жұмыста атап өткендей, қолданыстағы модельдер өзгеретін процестер жағдайында қайта оқыту және дәлдіктің жеткіліксіздігімен жиі ұшырасады. Перспективалық бағыттарға сызықтық регрессия элементтері мен машиналық оқытудың күрделі алгоритмдерін біріктіретін гибриді модельдерді дамыту, сондай-ақ деректерді жинау және алдын ала өңдеу әдістерін жақсарту кіреді [7].

Әртүрлі дереккөздерді талдау нәтижелері каталитикалық крекинг қондырғысы сияқты күрделі айқын емес сипатталған химиялық-технологиялық жүйелерді басқару, модельдеу мәселелерінің жеткіліксіз зерттелгендігін көрсетеді. Осыған байланысты модельдерді әзірлеу, оңтайландыру мәселелерін зерттеу, күрделі айқын емес химиялық-технологиялық жүйелерді басқару үшін шешім қабылдау тапсырмасын қалыптастыру заманауи ғылымның өзекті міндеті болып қала береді. Математикалық модельдерді әзірлеу принциптері мен әдістерін талдау, шешім қабылдау және өнеркәсіптік объектілерді оңтайландыру нәтижесінде ғылыми жұмыстарда лингвистикалық модельдерді әзірлеу және олардың жұмыс режимдерін оңтайландыру мәселелері аз қамтылғандығы анықталды. Жұмыстарда [8, 9] математикалық модельдерді әзірлеу және бастапқы ақпараттың айқынсыздығымен сипатталатын технологиялық объектілердің параметрлерін оңтайландыру тәсілдері зерттеліп, ұсынылды. 2000 жылдан бастап Р.А. Алиева, н. Р. Юсупбекова, Azeem M. F., Taskin H., Osofisan P. B. сияқты авторлардың каталитикалық крекингті



басқару алгоритмдерінде айқын емес логика әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылған бірқатар еңбектері жарық көрді. Бірақ күрделі объектілерді модельдеу және оңтайландыру бойынша осы және басқа талданған жұмыстарда объектінің кіріс және шығыс параметрлері айқын емес модельдерді әзірлеу мәселелері толық зерттелмеген. Сонымен қатар, оңтайландыру мәселелерін шешудің белгілі әдістерінде есептің қойылуы кезеңінде айқын емес есеп мәселе нақты есептер жиынтығына айналады және одан әрі қолданыстағы әдістермен шешіледі. Бұл тәсілде көбінесе бастапқы жиналған айқын емес ақпараттың едәуір бөлігі жоғалады (білім, сарапшылардың тәжірибесі), нәтижесінде алынған шешімдердің шындыққа сәйкестігі төмендейді [10].

Әдебиеттерге шолу өнімнің каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімнің шығуын анықтауда Python және регрессия әдісін қолдану процестерді талдауға және оңтайландыруға арналған қуатты құралдарды қамтамасыз ететінін көрсетеді. Дегенмен, дәлірек және сенімді нәтижелерге қол жеткізу үшін деректерді талдаудың дәстүрлі әдістерімен бірге заманауи әдістерді де ескеру қажет.

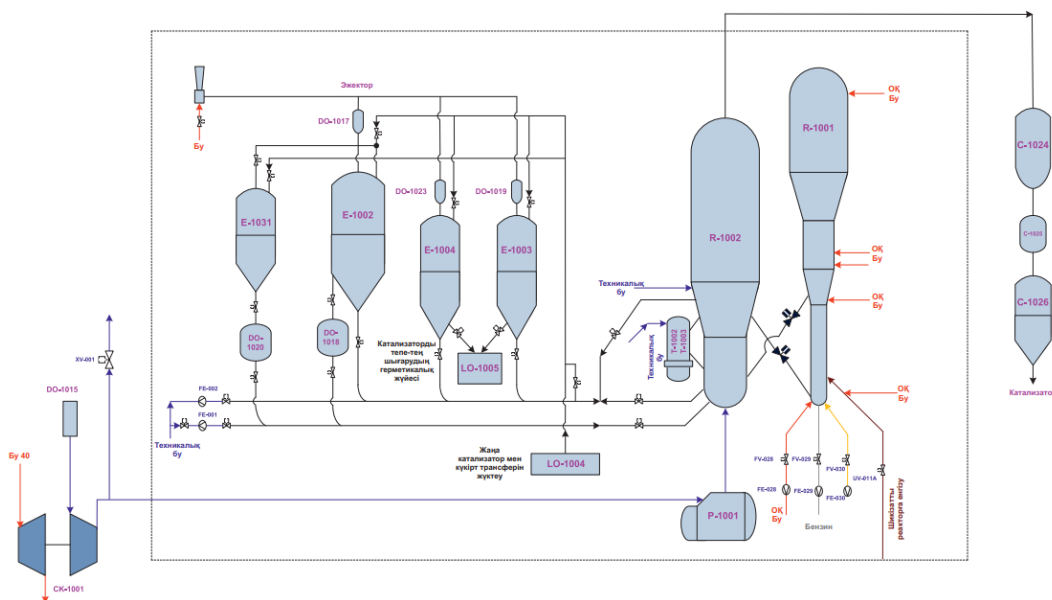
**Материалдар мен әдістер.** Бұл жұмыстың зерттеу нысаны Шымкент мұнай өңдеу зауытының титулы 1000 RFCC ауыр қалдықтардың каталитикалық крекинг қондырғысының реактор-регенератор блогы болып табылады. Каталитикалық крекинг қондырғысы тікелей мазуттан каталитикалық крекинг процесі арқылы автомобиль бензиндері мен сұйытылған көмірсутек газдарының жоғары октанды компонентін алуға арналған. Каталитикалық крекинг процесінің жүруіне әсер ететін негізгі факторлар шикізаттың физика-химиялық сипаттамалары, катализатордың қасиеттері, реактордағы қысым, реактордағы шикізат температурасы, реактордың температурасы, катализатордың шығыны болып табылады. Каталитикалық крекинг қондырғысынан бензиннің шығуы мен сапасы шикізаттың құрамына, реактордағы температура мен қысымға, шикізаттың берілу жылдамдығына, регенератордағы температураға, регенератор-реактор блогының жұмыс

режиміне, крекинг катализаторларының түріне және басқа параметрлерге байланысты. Технологиялық режимдер алынатын өнімінің түріне байланысты майлы газ, бензин немесе дизель фракциясы ретінде ерекшеленеді. Басқару объектісінің техникалық регламенті негізінде процестің негізгі технологиялық параметрлері анықталды: реактордың жоғарғы бөлігіндегі қысым, реактордан шығатын реакция газдарының температурасы, регенератордан шығатын газдардың температурасы. Әрі қарай, процеске әсер ететін басқару объектісінің кіріс, шығыс, ауытқушы айнымалылары анықталады. Реактор блогындағы технологиялық параметрлер процесс режимінің оңтайлы қаттылығына қол жеткізу мақсатында реттеледі. Терең оқыту технологияларының дамуы диагностиканың дәлдігі мен жеделдігін жақсартудың жаңа перспективаларын ұсына отырып, осы процеске белсенді әсер етеді.

Анықтамалық векторлық әдіс (SVM) және кездейсоқ ормандар сияқты Машиналық оқыту әдістерінің пайда болуы диагностиканы жақсартудағы маңызды қадам болды. Бұл тәсілдер медициналық кескіндерді талдау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді, бірақ көбінесе күрделі үш өлшемді деректер мен үлкен көлемдегі ақпаратты өңдеуде шектеулерге тап болады.

Нейрондық желілердің архитектуралары, соның ішінде конволюциялық нейрондық желілер (CNN) және қайталанатын нейрондық желілер (RNN) деректердегі кеңістіктік және уақыттық тәуелділіктерді ескере отырып, жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді [11].

Каталитикалық крекинг-мұнай өңдеуді тереңдетуге бағытталған негізгі процесс. Процесс келесі технологиялық агрегаттарды қамтитын каталитикалық крекинг қондырғысында жүреді: бу конденсациясы жүйесі, реактор-регенератор блогы, түтін газын дымқыл тазарту блогы, шикізатты дайындау және ректификациялау блогы, сіндіру және газ фракциялау блогы. Реактор мен регенератор арасындағы сұйық катализатордың үздіксіз айналуы каталитикалық крекинг процестерін үздіксіз режимде жүргізуге мүмкіндік береді [12].



**1 - сурет. RFCC каталикалық крекинг қондырғысының реактор және регенератор блогының технологиялық сызбасы**

1-суретте RFCC 1000 титулды каталикалық крекинг қондырғысының реактор және регенератор блогының технологиялық схемасы көрсетілген [13]. Қондырғының шикізаты - шикізатты араластыру контейнеріне берілетін тікелей айдау мазуты немесе мазут қоспасы және тікелей айдау вакуумды газойль фракциясының қоспасы. Араластыру контейнеріне шикізат сорғымен реакторға беріледі, алдымен текше өнім ағындарының, жеңіл газойль фракциясының (қажет болған жағдайда) және текше циркуляциялық суарудың жылуы есебінен шикізат жылу алмастырғыштар блогында қызады. Реакторға кіретін шикізаттың температурасы соңғы жылу алмастырғыштың айналма жолындағы клапанмен реттеледі.

RFCC каталикалық крекинг қондырғысында жұмыс жасайтын өндіріс қызметкерлерінің, сарапшылардың сауалнамасынан алынған ақпарат реактор блогының технологиялық жұмыс режимінің параметрлерінің өзгеру себептері реакторға кіретін температураның өзгеруі, катализаторға жиналатын кокс мөлшерінің өзгеруіне, сондай-ақ қоршаған ауа температурасының өзгеруіне әкелетінін көрсетеді. Бұл өзгерістер регенератордың шығысындағы катализаторының температурасына және реактордың кірісіндегі катализатордың температурасына әсер етеді. Бұл каталикалық

крекинг процесінің параметрлерінің өзгеруіне әкеледі [14]. Қазіргі уақытта RFCC каталикалық крекинг қондырғысында реактор мен регенератор блогының жұмысын басқаруды өндіріс операторы параметрлерді (автоматты) тұрақтандыру жүйелерінің параметрлерін, реактордағы, шикізат пен бу шығынын, регенератордағы ауа мен бу шығынын, диспенсердегі бу мен ауа шығынын, катализатордың қалыпты айналымын қамтамасыз ету мақсатында өзгерту арқылы қолмен жүзеге асырады. Осы себепті қажетті октан саны бар сапалы бензин алу үшін каталикалық крекинг процесін басқару үшін шешім қабылдауды автоматтандыру өзекті мәселе болып табылады [15].

Реактор-регенератор блогының жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер реактордағы температура мен қысым болып табылады, бұл регенератордағы температураның өзгеруіне әсер етеді, нәтижесінде қондырғының тұрақты жұмысына, конверсия дәрежесіне, өнімнің тығыздығы мен фракциялық құрамына әсер етеді. Көптеген басқа технологиялық процестер сияқты RFCC каталикалық крекинг қондырғысында жүретін зерттелетін процесс алынған бензиннің сапасы туралы айқын емес бастапқы ақпаратпен сипатталады, ол модельдерді әзірлеу және

каталитикалық крекинг процесін оңтайландыру үшін қажет. Бұл жағдайда сараптамалық білімді ұсынудың айқын емес модельдерін қолдана отырып, каталитикалық крекинг қондырғысының реактор-регенератор блогындағы технологиялық процесті басқарудың интеллектуалды жүйесінің алгоритмдерін жасау қажет. Сарапшылардың тәжірибесіне, біліміне және түйсігіне сүйене отырып, толық емес ақпарат жағдайында лингвистикалық айнымалылардың мәндері үшін тиістілік функциялары автоматты түрде қалыптасады [16]. Реактор-регенератор блогының кіріс және шығыс параметрлері айқын емес лингвистикалық мо-

дельдерді синтездеу әдісі сараптамалық бағалау әдістеріне және айқын емес шартты қорытынды ережесіне негізделген.

Каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімнің шығуын болжау үшін Шымкент мұнай өңдеу зауытында жиналған деректер пайдаланылды. Деректер жиынтығына келесі параметрлер кірді: шикізат көлемі, шикізат тығыздығы, шикізат температурасы, реактор температурасы, реактор қысымы, катализатор шығыны, бензин шығысы. Деректер үш жылдық кезеңді қамтыды. Процеске әсер ететін негізгі параметрлер 1-кестеде көрсетілген.

**1 - кесте. Процестің негізгі кіріс, шығыс параметрлері**

№	Белгіленуі	Параметр атауы	Өлшем бірлігі
1	(x1)	Шикізат шығыны	т/тәулік
2	(x2)	Шикізат тығыздығы	т/м3
3	(x3)	Шикізат температурасы	С
4	(x4)	Реактор температурасы	С
5	(x5)	Реактор қысымы	кгс/см2
6	(x6)	Катализатор шығыны	т/тәулік
7	Y	Бензин көлемі	%

**2 - кесте. Каталитикалық крекинг процесінің параметрлерінің статистикалық көрсеткіштеріне сәйкес болжау**

№	x1	x2	x3	x4	x5	x6	у-тің өн-дірісте-гі мәні	у-тің аны-қталған мәні	Ауытқу
1	241.8	0.899	206.3	517.8	2.26	1679.46	48.7	49.028339	-0.328339
2	241.6	0.898	208.8	518.0	2.3	1692.4	48.6	48.719417	-0.119417
3	242.5	0.898	209.1	517.6	2.3	1695.8	49.2	48.755016	0.444984
4	241.4	0.898	208.8	517.7	2.3	1684.0	49.1	48.665739	0.434261
5	240.9	0.901	210.4	517.8	2.2	1725.0	48.8	48.503400	0.296600
6	241.6	0.901	213.4	517.9	2.3	1763.0	48.7	47.988852	0.711148
7	241.9	0.899	212.4	517.9	2.3	1771.5	48.5	48.136549	0.363451
8	241.4	0.900	212.3	517.6	2.3	1752.8	48.8	48.053057	0.746943
9	240.2	0.900	214.3	518.3	2.2	1767.4	48.4	48.057432	0.342568
10	240.8	0.901	214.1	518.1	2.3	1780.7	47.9	47.774196	0.125804
11	155.6	0.901	196.6	515.4	2.2	1099.6	37.1	37.843743	-0.743743
12	237.6	0.901	211.7	517.6	2.2	1745.1	47.3	47.758377	-0.458377
13	239.2	0.900	213.0	518.1	2.2	1781.6	48.8	47.896658	0.903342

14	239.6	0.901	217.1	518.0	2.2	1766.9	48.4	47.672751	0.727249
15	239.6	0.901	216.5	518.3	2.2	1774.4	48.1	47.741578	0.358422
16	239.4	0.901	215.6	518.3	2.2	1754.3	47.9	47.856243	0.043757
17	239.8	0.902	213.8	518.5	2.2	1742.1	47.9	48.107864	-0.207864
18	239.8	0.901	213.4	518.7	2.3	1748.7	48.0	47.904229	0.095771
19	239.8	0.901	214.5	519.0	2.2	1743.1	48.0	48.175504	-0.175504
20	239.8	0.901	211.9	519.0	2.2	1743.0	47.5	48.365504	-0.865504
21	239.1	0.901	212.9	519.1	2.3	1735.5	47.1	47.955085	-0.855085
22	223.8	0.900	214.7	518.9	2.2	1762.5	46.3	45.514946	0.785054
23	216.4	0.901	209.5	519.5	2.2	1560.2	47.5	45.599599	1.900401
24	231.0	0.901	211.8	519.2	2.2	1689.0	50.5	47.209394	3.290606
25	238.0	0.900	214.9	519.0	2.2	1761.9	46.5	47.810517	-1.310517
26	237.7	0.901	214.2	519.0	2.2	1773.7	46.7	47.735090	-1.035090
27	237.6	0.901	214.4	518.9	2.3	1754.7	46.7	47.489306	-0.789306
28	237.5	0.901	214.1	518.9	2.3	1766.6	46.9	47.446940	-0.546940
29	237.8	0.901	213.1	518.9	2.2	1752.4	47.0	47.899089	-0.899089
30	238.0	0.900	212.2	518.8	2.2	1739.9	47.2	48.059431	0.859431
31	237.7	0.900	212.9	519.0	2.2	1740.7	47.0	47.993722	-0.993722
32	237.7	0.900	212.6	518.9	2.2	1765.0	47.1	47.898868	-0.798868
33	237.6	0.899	212.2	519.0	2.3	1757.4	47.3	47.718064	-0.418064
34	238.6	0.899	212.5	518.9	2.2	1744.3	47.2	48.165351	-0.965351
35	240.2	0.898	212.1	518.9	2.3	1763.5	47.3	48.131774	-0.831774
36	240.8	0.898	212.7	518.9	2.2	1775.6	48.2	48.409264	-0.209264
37	241.4	0.899	212.9	518.9	2.2	1767.8	48.5	48.492558	0.007442
38	241.0	0.899	212.3	518.8	2.2	1793.4	49.0	48.349838	0.650162
39	240.2	0.898	210.4	519.1	2.3	1770.4	49.1	48.264773	0.835227
40	240.9	0.899	208.4	518.9	2.2	1789.6	49.0	48.651943	0.348057

Анықтауға арналған негізгі құрал ретінде регрессиялық модель таңдалды. Бұл әдіс оны талдауға ыңғайлы болуы мен қарапайымдылығы байланысты таңдалды. Регрессия моделі Python-дағы scikit-learn кітапханасының көмегімен жүзеге асырылды. Регрессия функциясы тәуелсіз айнымалылар (шикізат көлемі, шикізат тығыздығы, шикізат температурасы, реактор температурасы, реактор қысымы, катализатор шығыны) мен тәуелді айнымалы (бензин шығымы) арасындағы байланыс болды (2-кесте). Модельдің дәлдігін бағалау үшін келесі көрсеткіштер қолданылды:

- Орташа квадраттық қате (MSE): болжау қателіктерінің орташа квадратын өлшеу;

- Детерминация коэффициенті (R2): тәуелді айнымалы модель арқылы түсіндірілетін дисперсияның үлесін көрсететін көрсеткіш.

Талдау мен модельдеуді орындау үшін келесі бағдарламалық құралдар қолданылды:

- Python 3.9-деректерді өңдеуге және модель құруға арналған бағдарламалау тілі;

- Pandas-деректерді тазарту және талдау құралдарын қамтитын деректер кітапханасы;

- Сандық есептеулерді орындауға арналған NumPy-кітапхана;

- Scikit-learn-Машиналық оқыту модельдерін құруға және бағалауға арналған кітапхана.

- Matplotlib және Seaborn-деректер мен модельдеу нәтижелерін визуализациялауға арналған кітапханалар.

Болжау нәтижелерін визуализациялау үшін болжамды мәндердің нақты мәндерге тәуелділік графиктері, сондай-ақ болжау қателерінің гра-

фиктері қолданылды. Бұл модельдің дәлдігін нақты көрсетуге және ықтимал кемшіліктерді анықтауға мүмкіндік берді.

**Нәтижелер мен талқылау.** Әдебиеттерді талдау және жүргізілген зерттеулер негізінде реактор мен регенератордың математикалық модельдерінің құрылымын таңдау жүргізілді [17,18,19]. Реактор мен Регенератор блогын басқару алгоритмінде каталитикалық крекинг қондырғысының RFCC қондырғысымен жұмыс жасайтын персоналдың тәжірибесін қолданған жөн. Сараптамалық білімді ресімдеу мақсатында сарапшыларға сауалнама жүргізілді, ол каталитикалық крекинг процесіне әсер ететін негізгі параметрлерді анықтауға мүмкіндік берді. Блоктардағы қалыпты режимді бұзатын негізгі ауытқытушы параметрлер шикізаттың шығыны  $x_1$ , тығыздығы  $x_2$ , температурасы  $x_3$  болып табылады. Процеске әсер ететін негізгі факторлар - реактордағы температура

$x_4$  мен қысым  $x_5$ , қалпына келтірілген катализатордың шығыны  $x_6$ . Қондырғының кіріс параметрлерінің тиімділігін сипаттайтын шығыс параметрінің математикалық тәуелділігін алу үшін Шымкент мұнай өңдеу зауытының статистикалық деректері негізінде эксперимент жүргізілді. Реактордағы температура мен қысым мәндері бергіштің көрсеткіштеріне сәйкес келеді. Шикізат пен сұйық газды тұтыну мәндері шығын өлшегіштердің көмегімен анықталады. Алайда, реактордан шыққан кезде бензинді өлшейтін шығын өлшегіштің болмауына байланысты үлкен қиындықтар болды.  $y$  параметрінің мәні субъективті түрде, әр бақылау кезінде қондырғы операторының технологияна сауалнама жүргізу арқылы алынды. Бұл  $y$  параметрінің мәндеріндегі айқын емес ретінде түсіндірілетін белгісіздікке әкелді.

Процесті сипаттайтын регрессия тендеуі мына түрде таңдалды:

$$\tilde{y} = \tilde{c}_0 + \tilde{c}_1 x_1 + \tilde{c}_2 x_2 + \tilde{c}_3 x_3 + \tilde{c}_4 x_4 + \tilde{c}_5 x_5 + \tilde{c}_6 x_6 \quad (1)$$

бағалау коэффициенттерін анықтау үшін Python тілінде бағдарламалық код жазылды:

```
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
from sklearn.datasets import make_regression

df = pd.read_excel('StableGasoline.xlsx')
x = df[['x1']] # , 'x2', 'x3', 'x4', 'x5', 'x6']]
y = df['y']

model = LinearRegression()
model.fit(x, y)

LinearRegression()

predictions = model.predict(x)
y_pred = model.predict(x)

intercept = model.intercept_
coefficients = model.coef_

from sklearn.metrics import r2_score
```



```

r2 = r2_score(y, predictions)

n = len(y)
p = x.shape[1]

adjusted_r2 = 1 - (1 - r2) * (n - 1) / (n - p - 1)

sse = np.sum((y - predictions) ** 2)
ssr = np.sum((y_pred - np.mean(y)) ** 2)

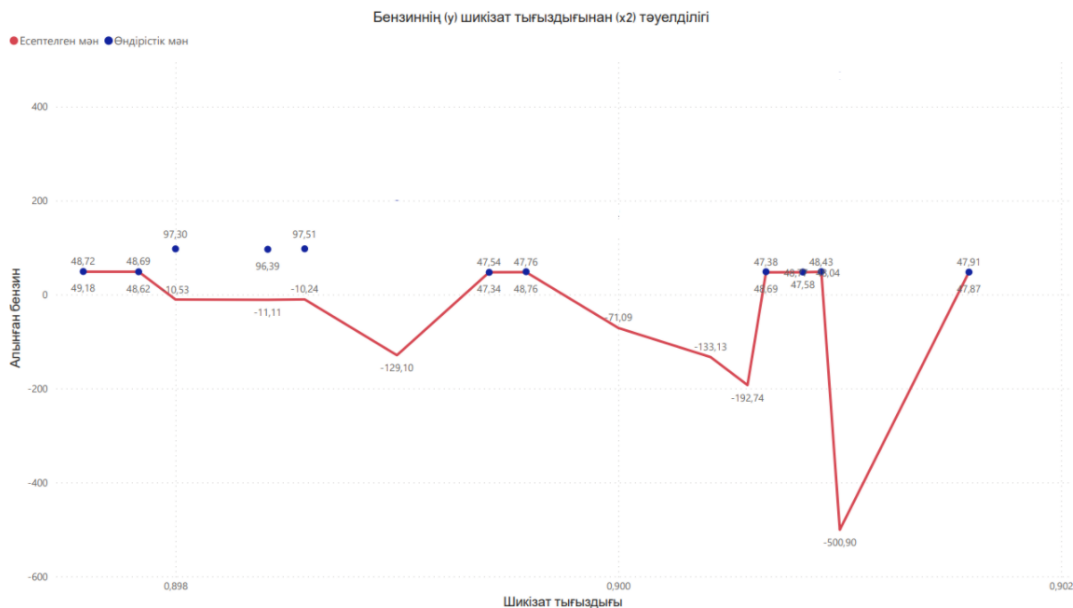
residuals = y - predictions

plt.xlabel("Шикізат")
plt.ylabel("Бензин_ШЫҒЫМЫ")
plt.scatter(x, y)
plt.plot(x, y_pred)
    
```

Регрессия моделі шикізат құрамы, процесс шарттары және катализатордың сипаттамалары туралы мәліметтер негізінде сәтті құрылды. Талдау нәтижесінде каталитикалық крекинг қондырғысынан бензиннің шығуына факторлардың

әрқайсысының әсерін көрсететін регрессия коэффициенттері алынды

Статистикаға сәйкес (1) теңдеу коэффициенттерін есептеу нәтижелері келесідей:



2-сурет. Бензин шығымның шикізат тығыздығынан тәуелділігі

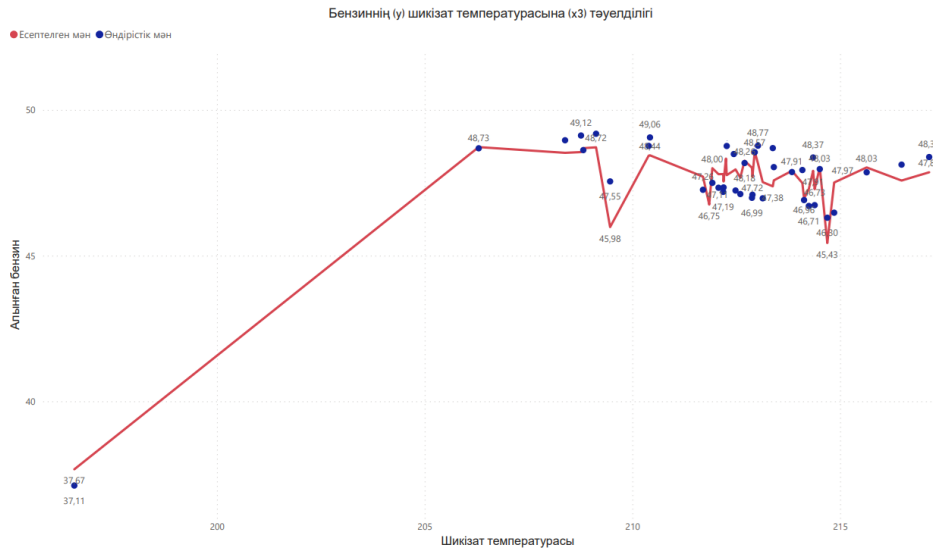
$$\begin{aligned}
 c_0 &= -30.242; & c_1 &= 0.161; & c_2 &= -30.391; \\
 c_3 &= -0.730; & c_4 &= 0.185; & c_5 &= -2.734; & c_6 &= -0.004.
 \end{aligned}$$

Осылайша, бензин шығымның параметрлерге айқын емес тәуелділігін сипаттайтын теңдеу келесідей болады:

$$y = -30.342_0 + 0.161x_1 - 30.391x_2 - 0.730x_3 + 0.185x_4 - 2.734x_5 - 0.004x_6 \quad (2)$$

Тұрғызылған модельге сәйкес шикізат шығыны, катализатор, реактор мен регенератордың температурасы, реактордағы қысым сияқты кіріс параметрлеріне өнімнің шығысының (тұрақты бензин) графиктері алынды (2-5-суреттер).

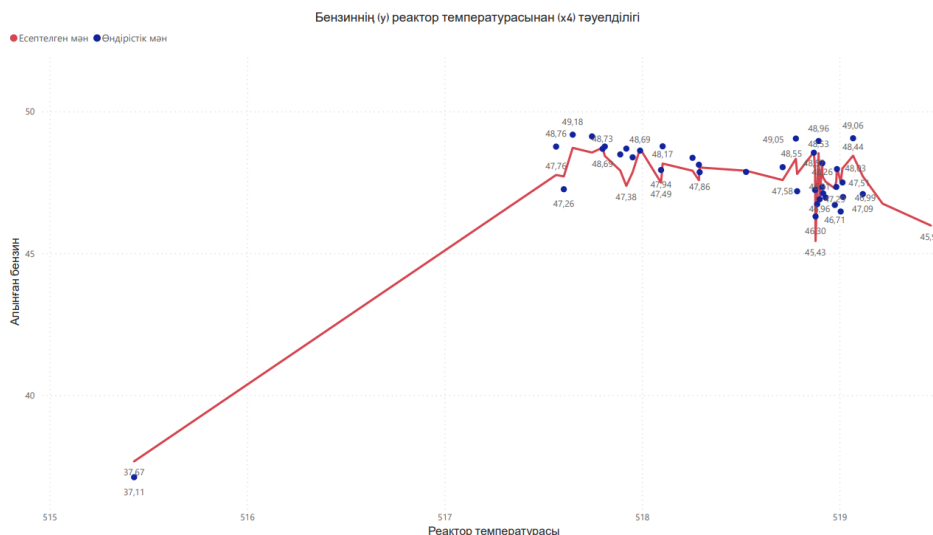
2-суретте бензин шығымының шикізат тығыздығына тәуелділік графигі тұрғызылған. График бензин тығыздығының бензин шығымына кері тәуелділігін көрсетеді.



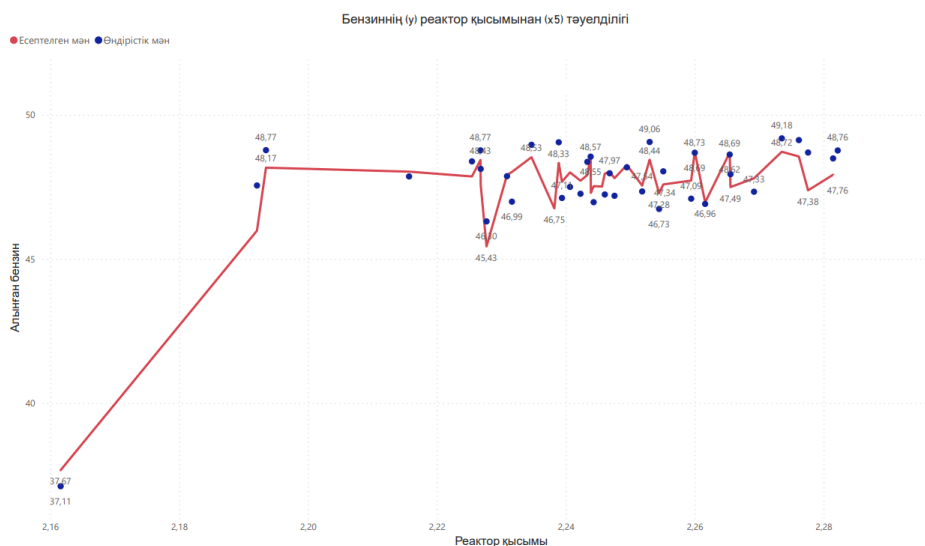
3-сурет. Бензин шығымының шикізат температурасынан тәуелділігі

3-суретте бензин шығымының шикізат температурасынан тәуелділігінің өндірістік және есептелген мәндерінің сәйкестігін көруге болады. Шикізат температурасын суретте көрсетілген мәнге дейін арттыру арқылы бензин шығы-

мын айтарлықтай көбейтуге болады. Сондай-ақ тұрғызылған графиктен модель арқылы есептелген мәнді өндірістік мәндерге жақын болуы модельдің адекваттылығын көрсетеді.



4 - сурет. Бензин шығымының реактор температурасынан тәуелділігі



**5-сурет. Бензин шығымының реактордағы қысымнан тәуелділігі**

4,5-суреттерде бензин шығымының сәйкесінше реактор температурасы мен қысымынан тәуелділік графигін көруге болады. Каталитикалық крекинг бойынша негізгі процестер реактор бөлігінде жүргізілетіндіктен реактордың параметрлерін есепке алу маңызды. Алынған графиктен өндірістік және есептелген мәннің шамаларының жақындығын байқауға болады.

Сынауға арналған деректер жиынтығындағы модельдің дәлдігін бағалау орташа қалдық қате (MSE) 0.754-ке тең екенін көрсетті. Бұл мән болжанған мәндердің нақты мәндерден ауытқуының рұқсат етілген деңгейін көрсетеді. Детерминация коэффициенті (R2) 0.792-ге тең. R2 мәні модель тәуелді айнымалының 79% вариациясын көрсетеді, бұл көптеген әсер ететін факторлары бар өнеркәсіптік процесс үшін жақсы нәтиже. Регрессия коэффициенттері өнімнің шығуына әсер ететін ең маңызды факторлар мыналар екенін көрсетті:

- реактордың температурасы: температураның жоғарылауы бензин сияқты жеңіл өнімдердің шығуына оң әсер етеді;
- катализатордың сипаттамалары: катализатордың белсенділігі күткенге сәйкес келетін бензин шығымымен тікелей корреляцияны көрсетті.

Регрессия моделі өзін өнімнің шығуын болжаудың сенімді құралы ретінде көрсетті. Алайда,

сызықтық емес тәуелділіктер немесе ескерілмеген айнымалылар арасындағы өзара әрекеттесулер болған кезде оның дәлдігі төмендеуі мүмкін. Болашақта болжамдардың дәлдігін жақсарту үшін гибриді модельдерді қолдануды қарастырған жөн.

**Қорытынды.** Бұл жұмыста Python бағдарламалық ортасында сызықтық регрессия әдістерін қолдана отырып, каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімнің шығуын анықтау әдісі жасалды және бағаланды. Зерттеу нәтижелері ұсынылған модельдің жоғары дәлдігін көрсетті, бұл оның өнеркәсіптік тәжірибеде қолдану тиімділігін растайды. Регрессия моделін қолдану өнімнің шығуына әсер ететін негізгі технологиялық параметрлерді анықтауға және каталитикалық крекинг процесін оңтайландыруға мүмкіндік берді. Детерминация коэффициентін (R2) және қалдық қателерді талдауды қолдана отырып, модельдің сапасын бағалау болжамды мәндердің нақты деректерге сәйкестігінің жоғары дәрежесін көрсетті. Осылайша, ұсынылған тәсілді мұнай өңдеудегі технологиялық процестерді одан әрі оңтайландыру үшін қолдануға болады, бұл каталитикалық крекинг қондырғыларының өнімділігі мен тиімділігін арттырады. Болашақта болжамдардың дәлдігін жақсарту үшін машиналық оқытудың күрделі әдістерін біріктіруге болады.

## Әдебиеттер

1. Han I.-S., Chung C.-B. Dynamic modeling and simulation of a fluidized catalytic cracking process. Part II: Property estimation and simulation // Chem. Eng. Sci. -2022. -Vol. 56. -P. 1973-1990. DOI 10.1016/S0009-2509(00)00494-2
2. Emberru R.E., Patel R., Mujtaba I.M., John Y.M. A Review of Catalyst Modification and Process Factors in the Production of Light Olefins from Direct Crude Oil Catalytic Cracking // Chemical Engineering, Faculty of Engineering & Digital Technologies. -2024. –Vol. 6(11). DOI 10.3390/sci6010011
3. Palos R., Rodríguez, E., Gutiérrez A., Bilbao J., & Arandes, J. M. Kinetic modeling for the catalytic cracking of tires pyrolysis oil // Fuel. -2022. -Vol. 309. DOI 10.1016/j.fuel.2021.122055
4. Orazbayev B.B., Shangitova Z.Y., Orazbayeva K.N., Serimbetov B.A., Shagayeva A.B. Studying the Dependence of the Performance Efficiency of a Claus Reactor on Technological Factors with the Quality Evaluation of Sulfur on the Basis of Fuzzy Information //Theor. Found. Chem. Eng., -2020.-Vol. 54. - P. 1235–1241. DOI 10.1134/S0040579520060093
5. Taşkın H., Kubat C., Uygun Ö., Arslankaya S. FUZZYFCC: Fuzzy logic control of a fluid catalytic cracking unit (FCCU) to improve dynamic performance // Computers & chemical engineering. -2006. - Vol. 30(5). - P. 850-863. DOI 10.1016/j.compchemeng.2005.12.016
6. Precup R.E., Nguyen A.T., Blažič S. A survey on fuzzy control for mechatronics applications //International Journal of Systems Science.- 2024.- Vol.55(4).-P. 771-813. DOI 10.1080/00207721.2023.2293486
7. He G., Zhou C., Luo T., Zhou L., Dai Y., Dang, Y., Ji, X. Online optimization of Fluid Catalytic Cracking process via a Hybrid model based on Simplified structure-Oriented Lumping and case-based reasoning // Industrial & Engineering Chemistry Research. -2020.-Vol. 60(1). - P. 412-424. DOI 10.1021/acs.iecr.0c04109
8. Beatriz Flávia Azevedo, Ana Maria A.C. Rocha, Ana I. Pereira Hybrid approaches to optimization and machine learning methods: a systematic literature review. Machine Learning. -2024. -Vol 113. - P. 4055 - 4097. DOI 10.1007/s10994-023-06467-x
9. Orazbayev B.B., Kenzhebayeva S.T., Orazbayeva K. N. Development of Mathematical Models and Modelling of Chemical Technological Systems using Fuzzy-Output Systems//Applied Mathematics & Information Sciences -2019. -Vol. 13(4).-P.653-664.DOI 10.18576/amis/130417
10. Yang F., Xu M., Lei W., Lv J. Artificial intelligence methods applied to catalytic cracking processes//Big Data Mining and Analytics.-2023.-Vol. 6(3).-P. 361-380. DOI 10.26599/BDMA.2023.9020002
11. Santander V. Kuppuraj, C.A. Harrison, M. Baldea An open source FCC model to support developing and bench-marking process control and operations strategies // Computers & Chemical Engineering. -2022. -Vol. 164. DOI 10.1016/j.compchemeng.2022.107900
12. Josiah P.N., Otaraku I.J., Evbuomwan B.O. Servo and Regulatory Response of an Industrial Fluid Catalytic Cracking (FCC) Unit under Fuzzy Logic Supervisory Control // Eng. Technol. J. -2023. -Vol.41. -P. 1139-1151. DOI 10.30684/etj.2023.139485.1432
13. Orazbayev B., Boranbayeva N., Makhatova V., Rzayeva L., Ospanov Y., Kurmashev I., Kurmangaziyeva L. Development and Synthesis of Linguistic Models for Catalytic Cracking Unit in a Fuzzy Environment. Processes. -2024. -Vol. 12(8). DOI 10.3390/pr12081543
14. Oloruntoba A., Zhang Y., Hsu C.S. State-of-the-Art Review of Fluid Catalytic Cracking (FCC) Catalyst Regeneration Intensification Technologies//Energies.-2022.-Vol.15. DOI 10.3390/en15062061

15. Letsch W. Fluid Catalytic Cracking (FCC) in Petroleum Refining. In: Treese, S., Pujadó, P., Jones, D. (eds) Handbook of Petroleum Processing // Springer, Cham. -2015. DOI10.1007/978-3-319-14529-7\_2
16. Amblard, B., Singh R., Gbordzoe E., Raynal L. CFD modeling of the coke combustion in an industrial FCC regenerator // Chemical Engineering Science.- 2016. - P. 731- 742. DOI 10.1016/j.ces.2016.12.055
17. Idris M., Burn A. CFD Modelling Gas-Solid Flows in CFB // FCC Riser Reactors: Simulation Using Kinetic Theory of Granular Flow (KTGF) in a Fully Developed Flow Situation. -American institute of chemical engineers, 2008. 1-19
18. Barbosa et.al., A. C., Three-Dimensional Simulation of Catalytic Cracking Reactions in an Industrial Scale Riser Using a 11-lump Kinetic Model. Chem. Eng. Trans. -2013.- 32. -P. 637-642 DOI 10.3303/ACOS1311004
19. Sabzi H.Z. Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: a case study // Expert systems with applications. -2017. -Vol. 82. -№3. -С.145–163. DOI 10.1016/j.eswa.2017.04.039

*Авторлар туралы мәліметтер*

Боранбаева Н.Б. – докторант, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, сеньор лектор, Astana IT University, Астана, Қазақстан, e-mail: ades\_98@mail.ru;

Оразбаев Б.Б.- профессор, т.ғ.д., Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: batyr\_o@mail.ru;

Рзаева Л.Г.- қауымдастырылған профессор, Astana IT University, Астана, Қазақстан, e-mail: l.rzayeva@astanait.edu.kz;

Қарабаев Ж.А. -PhD, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: jalal45@mail.ru

Серимбетов Б.А.- техникалық ғылымдар кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті ,Астана, Қазақстан, e-mail: sba\_rnmc@mail.ru.

*Information about the authors*

Boranbayeva N.- doctoral student at L. N. Gumilyov Eurasian National University, senior lecturer, Astana IT University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ades\_98@mail.ru;

Orazbayev B.- Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: batyr\_o@mail.ru;

Rzayeva L.- Associate Professor, Astana IT University, Astana, Kazakhsta, e-mail: l.rzayeva@astanait.edu.kz;

Karabayev Zh.- PhD, senior lecturer, Mukhtar Ayezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: jalal45@mail.ru.

Serimbetov B.- Candidate of Technical Sciences, associate Professor, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: sba\_rnmc@mail.ru.



**БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ӘЗІРЛЕУ****<sup>1</sup>Д.К.Даркенбаев<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Г.Ж.Жакшиликова, <sup>2</sup>Н.О.Мекебаев**<sup>1</sup>Эл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,<sup>2</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: dauren.kadyrovich@gmail.com

Қазіргі ақпараттық технологиялардың дамуынан туындаған білім беру процесіндегі өзгерістер, білім беру саласындағы өте өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Білім беру үшін ақпараттық жүйелерді дамытудың маңыздылығы, олардың функциялары, соның ішінде оқу процесін басқару, деректерді сақтау және қашықтықтан оқытуды ұйымдастыру, өз кезеңінде оқытуды білім алушылар мен педагогтардың қажеттіліктеріне бейімдеу арқылы қол жетімді және тиімді екенін атап өтеді. Мақалада білім беру мекемелерінің ерекшеліктері мен білім алушылардың талаптарын ескеретін ақпараттық жүйелерді мұқият жобалау қажеттілігі зерттелген. Жүйелердің сенімділігі, қауіпсіздігі және ыңғайлылығы сияқты негізгі аспектілер, виртуалды және кеңейтілген шындық сияқты заманауи білім беру технологиялары және олардың оқытудың интерактивтілігіне әсері де салыстырыла талданған. Талдау нәтижесінде ақпараттық жүйелерге қойылатын негізгі талаптар және олардың оқу процесін қарқындатудағы рөлі ерекшеленеді. Мақалада цифрлық трансформация жағдайында білім беру мекемелерінің алдында тұрған өзекті міндеттер талқыланды, қазіргі заманғы технологияларды бағдарлай алатын ақпараттық сауатты мамандарды даярлау мәселелері зерттелген. Зерттеу барысында білім беру жүйелерін жобалаудың теориялық негіздері талданып, ақпараттық жүйе құруға талаптар мен техникалық шешімдер қабылдау мәселелері сараланған. Бұл жүйе білім алушылардың оқыту процесін жеңілдетіп, білім алушылардың интеллектуалды дамуына оң ықпал етеді. Мақала авторлары алдағы уақытта зерттеу жұмыстарын әрі қарай жалғастыруды жоспарлап отыр.

**Түйін сөздер:** ақпарат, жүйе, технология, диаграмма, компьютер, модель, өндеу, сервер.

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ****<sup>1</sup>Д.К.Даркенбаев<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Г.Ж. Жакшиликова, <sup>2</sup>Н.О.Мекебаев**<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,<sup>2</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,  
e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com

Изменения в образовательном процессе, связанные с развитием современных информационных технологий, являются одной из наиболее актуальных тем в образовании. Важность разработки информационных систем для образования обуславливает их такие явления, как управление научным процессом, хранение данных и организация дистанционного обучения, которые становятся более доступными и эффективными благодаря адаптации к потребностям образования и образования. В статье обоснована необходимость информационного проектирования с системами государственных учреждений и запроса обучающихся. Внимание также уделяется таким аспектам, как надежность, безопасность и удобство использования систем, а также современным образовательным технологиям, таким как виртуальная и дополненная реальность, и их перспективность в интерактивности текущего процесса. По результатам анализа определяются основные требования к информационным системам и их важная роль в ускорении обучения. Рассматриваются задачи, стоящие перед образовательными преобразованиями в условиях цифровой трансформации, а также вопросы подготовки специалистов, способных эффективно работать с современными технологиями. В ходе анализа разрабатываются теоретические основы проектирования образовательных систем, определяются требования к созданию информационных систем и обсуждаются сложности с использованием технических решений. Эти системы способствуют облегчению нынешних процессов и положительно влияют на

интеллектуальное развитие учащихся. Авторы планируют продолжить свои исследования в данной области.

**Ключевые слова:** информация, система, технология, диаграмма, компьютер, модель, обработка, сервер.

## DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATION

<sup>1</sup>D.K.Darkenbayev<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>G.Zh. Zhakshilikova, <sup>2</sup>N.O.Mekebayev,

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com

Changes in the educational process associated with the development of modern information technologies are one of the most pressing topics in education. The importance of developing information systems for education determines such phenomena as scientific process management, data storage and distance learning organization, which become more accessible and effective due to adaptation to the needs of education and learning. The article substantiates the need for information design with the systems of state public institutions and the request of students. Attention is also paid to such aspects as reliability, security and usability of systems, as well as modern educational technologies such as virtual and augmented reality and their prospects in the interactivity of the current process. Based on the analysis, the main requirements for information systems and their important role in accelerating learning are determined. The challenges facing educational transformations in the context of digital transformation are considered, as well as the issues of training specialists who can effectively work with modern technologies. During the analysis, the theoretical foundations of designing educational systems are developed, the requirements for the creation of information systems are determined and the difficulties in using technical solutions are discussed. These systems help to facilitate current processes and have a positive effect on the intellectual development of students. The authors plan to continue their research in this area.

**Keywords:** information, system, technology, diagram, computer, model, processing, server.

**Кіріспе.** Ақпараттық технологиялардың қарқынды даму дәуірінде білім айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Дәрістер мен қағаз материалдарына негізделген дәстүрлі оқыту әдістері цифрлық технологияларды қолдануға негізделген интерактивті және тиімді тәсілдерге мүмкіндік береді. Бұл тұрғыда білім беру үшін ақпараттық жүйелерді әзірлеу аса маңызды. Ақпараттық жүйелер білім беру процесін өзгерте алады, оны қол жетімді, тиімді және білім алушылар мен педагогтардың қажеттіліктерін қамтамасыз ете алады.

Білім берудегі ақпараттық жүйелердің қажеттілігі оқу процесін басқарудан және білім алушылардың деректерін сақтаудан бастап, білім беру ресурстарына қол жетімділікті қамтамасыз етуге және қашықтықтан оқытуды ұйымдастыруға дейінгі көптеген функцияларды қамтиды. Бұл оқу орнын басқаруды оңтайландыруға ға-

на емес, сонымен қатар білім алушылардың жеке қажеттіліктеріне бейімдеу арқылы білім сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Алайда, тиімді ақпараттық жүйені құру дамудың барлық кезеңдерінде мұқият қарауды қажет етеді. Ақпараттық жүйені жобалау барысында, білім беру мекемесінің ерекшелігі, білім алушылардың талаптары, технологиялар мен педагогика тенденциялары сияқты факторларды ескеру қажет. Талаптарды талдау кезеңінде жүйенің олардың қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін қанағаттандыру үшін білім алушыларға не қажет екенін түсіну маңызды. Ақпараттық жүйенің архитектурасын жобалауда басқа платформалармен интеграциялау мүмкіндігін ескеру керек, бұл әсіресе білім беру стандарттары мен технологияларын үнемі жанартып отыру жағдайында маңызды.

Ақпараттық жүйе (АЖ) – басқару немесе шешім қабылдау процесінде қолданылатын ақ-

паратты жинау, сақтау, жинақтау, іздеу және беру жүйесі. Ол әдетте ақпараттық-анықтамалық қорды (құжаттар, мәліметтербазасы, ақпараттыққоймалар), ақпаратты өңдеу және жүйемен байланыс тілін, ақпарат тасымалдаушыларды, сондай-ақ жүйенің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін модельдер кешенін қамтиды.

Ақпараттық жүйе (АЖ) – деректерді автоматтандырылған жинау, өңдеу және басқару үшін қолданылатын техникалық және бағдарламалық құралдардың, әдістердің және қызмет көрсету персоналының өзара байланысты жиынтығы [1]. Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар білім беруді әр түрлі деңгейде өзгертеді. Білім беру қызметіндегі жаңа басымдықтар білім беру ұйымдарының басқару қызметін ақпараттық қолдау болып табылады [2]. Мақалада жазу барысында зерттеліп жобаланған жүйе білім берудің цифрлық трансформациясы білім беру мекемесін ақпараттандырудан әлдеқайда асып түседі. Цифрлық білім берудің белгісі ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (бұдан әрі АКТ технологиялар) негізінде кешенді көп деңгейлі интеграцияланған орта екенін атап өту қажет: білім беру контентін әзірлеу және басқару, әртүрлі деңгейдегі ақпараттық жүйелермен интеграциялау, білім алушылардың қажеттіліктеріне сәйкес білім беру траекторияларын құру [3]. Білім беру саласына ақпараттық жүйені енгізу білім алушыларды оқыту қажеттілігімен қатар жүреді, бұл жұмыстың жаңа форматына біркелкі көшуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жүйені іске қосқаннан кейін бақылау және қолдау оның ұзақ мерзімді тиімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады [4].

Білім беру жүйесіндегі ақпараттық жүйенің мақсаты:

- білім беру тиімділігін арттыру;
- білім берудің икемділігі мен қолжетімділігін арттыру;
- ақпараттық мәдениетті дамыту [5].

Ақпараттық жүйені құрудың маңыздылығы қазіргі білім беру мекемелерінің басты міндеттерінің бірі - білім беру үдерісіне цифрлық ортаны енгізуге бағытталған педагогтардың цифрлық сауаттылығын дамыту қажеттілігімен ай-

қындалады. Цифрлық орта педагогтар мен білім алушыларға жаңа бағыт пен үнемі біліктілікті көтеріп отуды талап ететіні белгілі. Оқытушы цифрлық технологияларды қолдана отырып, компьютерлік бағдарламалау, ақпаратты іздеу, алмасу және коммуникация дағдыларын меңгеріп, үнемі жетілдіріп отыруы қажет [6].

**Материалдар мен тәсілдер.** Қазіргі білім – білім мен заманауи технологиялардың интеграциясы [7]. Білім және заманауи технологиялардың интеграциясы педагогпен білім алушылардың арасындағы оқытумен өзара әрекеттесу тәсілдерін өзгертетін динамикалық және көпқырлы жүйе. Виртуалды шындық (VR) және кеңейтілген шындық (AR) сияқты технологиялар интерактивті және иммерсивті білім беру орталарын құруға мүмкіндік береді. Төменде көрсетілген суретте (1-сурет) ақпараттық жүйе негізінде басқарылатын жалпы білім беретін орындардың білім беру процесінің жалпы моделі бейнеленген.

Білім беру процесінің жалпы моделі – білім беру процесінің әртүрлі компоненттерінің ақпараттық технологияларды қолдану арқылы бір-бірінен қалай әрекеттесетінін сипаттайтын құрылым. Модель ақпараттық жүйелермен бірге білім беру процесіне қатысушылар арасындағы оқыту, басқару және өзара әрекеттесу процесін ұйымдастыруға және оңтайландыруға ықпал ету көрінісін бейнелеп тұр.

Білім беруге негізделген ақпараттық жүйелерге қойылатын талаптар:

1. Ақпаратты өңдеудің толықтығы – қажетті ақпаратпен қажетті көлемде қамтамасыз ету.
2. Сапа – жүйенің берілген функцияларды орындауға жарамдылық дәрежесі.
3. Ақпараттық жүйеге деген сенімділік – техникалық құралдары мен бағдарламалық жасақтамасының арасында қателіктердің туындамауы.
4. Ақпараттық жүйенің қауіпсіздігі.
5. Пайдаланудың ыңғайлылығы – әзірленетін жүйеде тиісті бөлімшенің ерекшеліктерін, онда өңделетін ақпарат пен әзірленетін құжаттардың құрамын, мазмұны мен нысандарын барынша есепке алуды талап ету.

6. Модульдік – білім беруге арналған ақпараттық жүйенің элементтерін салыстырмалы түрде тәуелсіз және функционалды түрде аяқталған стандартты бөліктерден-модульдерден құру мүмкіндігі.

7. Сүйемелдеу – сапаны жақсарту мүддесінде жүйенің ұзақ мерзімді пайдалануға және жетілдіруге жоғары дәрежеде бейімделуін қамтамасыз

ету.

Білім берудің заманауи ақпараттық жүйелері оқыту және оқу процесін басқаруды айтарлықтай өзгертеді. Осы негізде білім беруге арналған ақпараттық жүйені бірнеше категорияларға бөліп қарастырып, категорияға сәйкес төмендегі 1-кестеде мысал ретінде бірнеше ақпараттық жүйелер көрсетілген.



1-сурет. Білім беру процесінің жалпы моделі

1-кесте. Білім беру арналған ақпараттық жүйелер

Оқытуды басқару жүйесі		
Атауы	Артықшылығы	Кемшілігі
Moodle	Жаңа курс құру Оқу процесін басқару Мультимедиялық материалдар Форумдар мен талқылаулар Онлайн тестілеу Оқушы үлгерімін бағалау	Платформаны орнату қиындығы Платформаны жаңарту кезіндегі қиындықтар Пайдаланушы интерфейсі күрделі Шектеулі интеграциялар Техникалық қиындықтар
Canvas	Интуитивті интерфейс Курстардың икемділігі Бағалау және кері байланыс Басқа платформалармен интеграция	Орнатудың қиындылығы Тегін нұсқаның шектеулі мүмкіндіктері Оқу уақыты
Онлайн оқыту платформасы		
Coursera	Технологияның әртүрлі бағыттары бойынша көпетеген курстар ұсынады Белгілі университеттер мен компаниялардан сертификаттар мен дипломдар алу мүмкіндігі Белсенді оқытуға ықпал ететін бейне жазбалар мен тесттер, тәжірибелік сабақтар	Көптеген курстар ақылы Сапалы және сапасыз курстардың санының көптігі Оқытушылармен тарапынан жеткілікті қолдаудың болмағаны

edX	Беделді университеттердің курстары Көптеген курстарды тегін оқу мүмкіндігі MicroMasters және Professional Certificates Іс жүзінде қолдануға мүмкіндік беретін тәжірибелік тапсырмалар	Курстардың күрделілігі Шектеулі интерактивті курстар Платформадағы техникалық мәселелер
Бірлескен жұмыс құралдары		
Google workspace	Gmail, Google Docs, Sheets, Slides, Drive жүйелермен бір уақытта жұмыс жасау мүмкіндігі Бірнеше пайдаланушыға құжаттарды бір уақытта өңдеуге мүмкіндік беруі	Интернетке тәуелділік Деректердің құпиялылығы Ақылы функцияларда мүмкіндіктер көптігі
Microsoft Teams	Басқа Microsoft құралдарымен интеграция Бірлескен мүмкіндіктер Командалар мен сыныптарды басқару Бейне конференциялармен сыныптарды басқару	Платформаны орнатудың қиындығы Тегін нұсқаның шектеулі мүмкіндіктері Пайдаланушы интерфейсінің күрделілігі Деректерді қорғау және құпиялылық
Виртуальды және толықтырылған шындық		
Google Expeditions	Көптеген виртуальды турлармен экскурсияларға мүмкіндік Интуитивті интерфейс Мазмұнның әртүрлілігі виртуалды нысандармен өзара әрекеттесу мүмкіндігі	Жақсы интернет жүйесінің болуын қажет етеді Виртуальды мүмкіндіктердің аздығы Техникалық ақаулардың орын алу мүмкіндігі
zSpace	Тақырыптарды кеңінен түсінуге ықпал ететін виртуальды және толықтырылған шындық тапсырмалары Тақырыптардың кең ауқымы	Платформаның оқу орындары үшін қымбаттылығы Аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы орнату қиындығы Шектеулі қолжетімділік

Бұл технологиялар білім беруді жаңа мазмұнмен толтыру үшін, білім алушылардың шығармашылығы мен шығармашылық қабілетін дамытатын оқытудың жаңа формалары мен әдістерін қолдану үшін қолданылған кезде тиімді болады.

Ашық білім беру жүйелерін дамыту білім беру мекемелерінің әлемдік білім беру қызметтері нарығындағы бәсекелестігінің жаңа нысандарын тудырады.

Қазіргі білім саласы заманауи технологиялардың дамуымен, интернеттің қолжетімділігінің арқасында айтарлықтар өзгерістерге ұшырауда. Білім саласында қолданысқа ие платформалар-

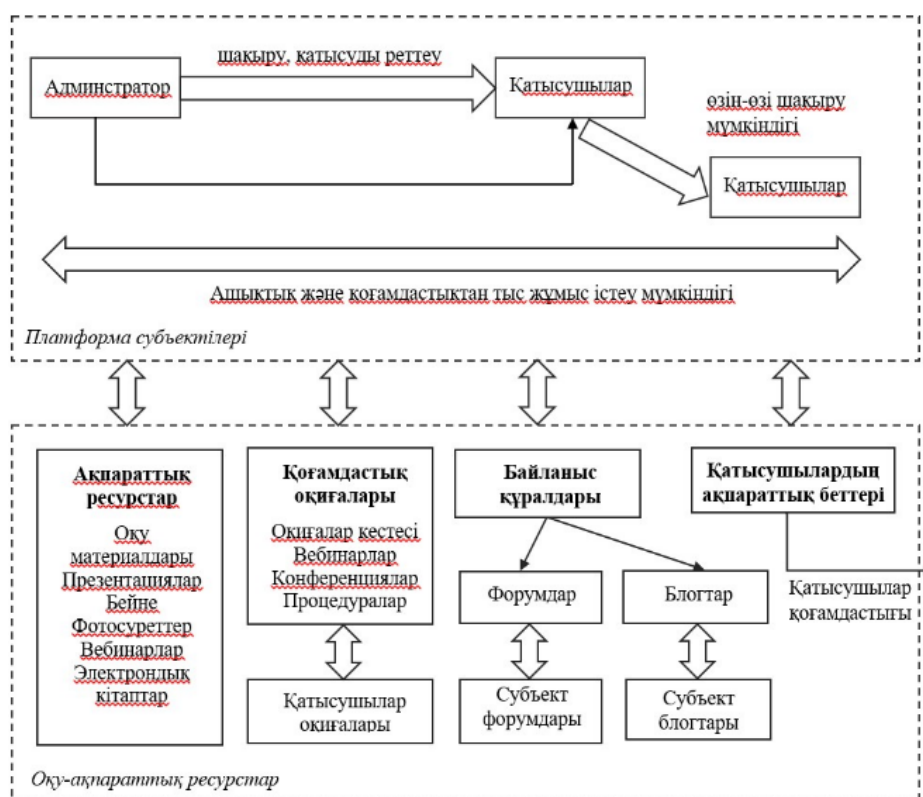
дың функциональдылығы барлық білім алушыларға бір уақытта бірнеше адаммен байланыс орнатуға, ақпараттық ресурстарға, конференциялар мен вебинарларға қатысуға, туындаған мәселеге байланысты онлайн пікір таластырулар ұйымдастыруға мүмкіндік береді (2-сурет).

Ақпараттық жүйені әзірлеу білім беру процесін ұйымдастырудың заманауи тәсілінің ерекшелігін көрсетеді, бұл білім алушының жаңа білімді өз бетінше алу қабілетін қалыптастыруға және оларды болашақ кәсіби қызметтің міндеттерін шешуге қолдануға дайын болуға бағытталған қол жетімді интерактивті



білім беру ортасын құруды қамтиды [8]. Бүгінгі таңда білім берудің әртүрлі салаларына ақпараттық жүйелерді енгізу кезінде келесі міндеттер орындалуы тиіс. Білім алушының интеллектуалды тұлғасын дамыту, жеке тұлғаны

ақпараттық қоғам жағдайында жайлы өмір сүруге бейімдеу, ақпаратты қабылдау және өңдеу қабілеттерін дамыту, әлеуметтік дағдыларды жетілдіру, сондай-ақ қойылған міндетті тез талдау және оңтайлы шешім табу мүмкіндігі [9].



2-сурет. Білім беруге арналған ақпараттық жүйенің функционалдылығы

Оқу-тәрбие процесін қарқынлату. Бұл тұжырымдама білім алушының алған білім сапасын жоғалтпай және оқу ұзақтығын өзгертпестен білім алушыға берілетін ақпарат көлемін ұлғайтуды білдіреді. Заманауи технологияларға бағдарланған және болашақта еңбек нарығында өзін сенімді сезінуге қабілетті ақпараттық сауатты адамды дайындау [10].

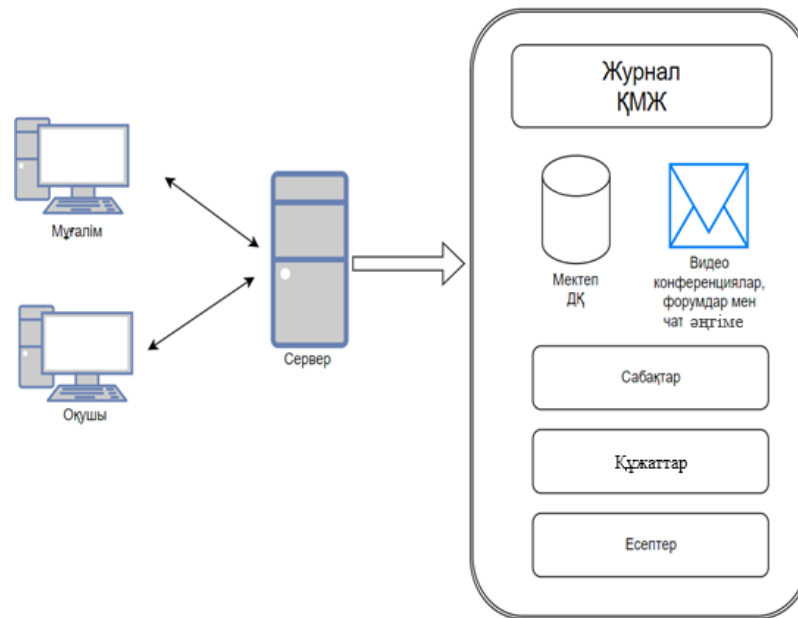
**Нәтижелер мен талдау.**Зерттеу барысында білім беру мекемелері үшін ақпараттық жүйелерді әзірлеуде қолданылатын ағымдағы тенденцияларды, әдістер мен құралдарға талдау жүргізілді.

Білім беруге арналған ақпараттық жүйелер мынадай қызмет түрлерін жүзеге асыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді:

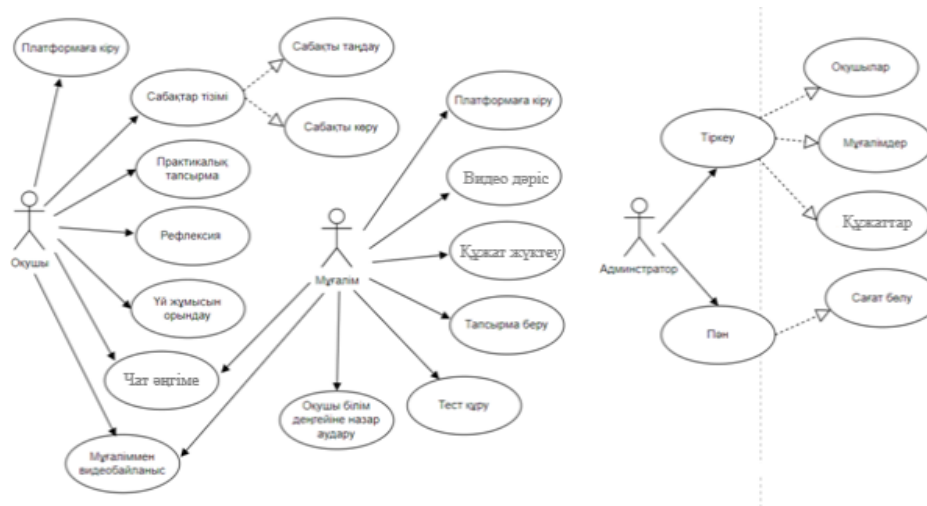
- білім беру процесін жоспарлайды;

- білім беру процесінің барысын және білім беру бағдарламаларын игеру нәтижелерін белгілейді;
- білім алушылар арасындағы өзара іс – қимыл, оның ішінде-интернет желісі арқылы қашықтан оқытады;
- білім беру қызметін басқару міндеттерін шешу үшін білім беру процесі барысында қалыптастырылатын деректерді пайдалану мүмкіндігін жоғарылатады;
- білім алушылар интернет желісінің ақпараттық білім беру ресурстарына бақыланатын қолжетімділікті арттырады;
- білім беру мекемесінің білім беру саласындағы басқаруды жүзеге асыратын органдармен, сондай-ақ басқа да білім беру мекемелерімен және ұйымдарымен өзара іс-қимылды жеңілдетеді.

Білім алушылар мен педагогтардың өзара ақпараттық жүйенің архитектурасы жобаланды. байланысын визуализациялауға көмектесу үшін Төменде 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Ақпараттық жүйе архитектурасы



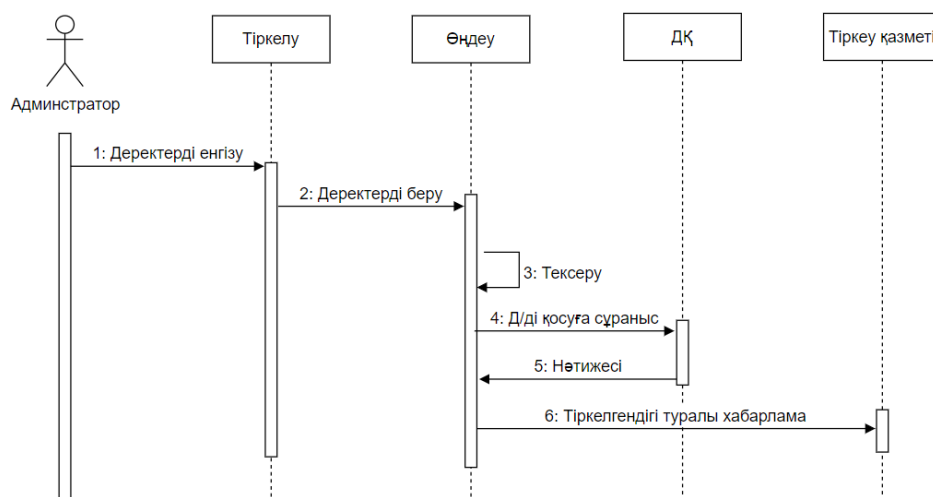
4-сурет. Use case диаграмма

Білім беруге арналған ақпараттық жүйенің архитектурасы білім беру процесін қолдауға бағытталған компоненттердің құрылымдық сипаттамасы және олардың өзара әрекеттесуі көруге көмектеседі (3-сурет). Ақпараттық жүйенің әрбір бөлігін сипаттау үшін UML бірыңғай модельдеу тілі қолданылды.

UML модельдеу тілі объектілерді, бизнес процестерді модельдеуге және жүйелік жобалауға және ұйымдық құрылымдарды көрсетуге арналған графикалық сипаттау тілі және ол бағдарламалаушыларға, жүйе аналитиктеріне, дизайнерлерге жүйенің күрделі аспектілерін түсінуге көмектеседі. UML тілінің басты мақсаты – күрделі жүйелерді визуализациялау және түсіну.

Білім беруге арналған ақпараттық жүйенің «Use case» диаграммасы – ақпараттық жүйені жобалау процесінің бір бөлігі болып табылады және жүйенің функционалдық талаптарын анықтау мен сипаттау үшін қолданылады. Диаграмма – ақпараттық жүйенің пайдаланушылармен қалай әрекеттесетінін және оның қандай функцияларды орындайтынын көрсетеді (4-сурет).

Ақпараттық жүйенің белгілі бір сценарий шеңберінде объектілер немесе компоненттер арасындағы өзара әрекеттесуді визуализациялауға реттілік диаграммасын қолдандық (5-сурет). Реттілік диаграммасы пайдаланушылар мен ақпараттық жүйенің өзара байланысын қалыптастыруға негіз болды.



5-сурет. Ақпараттық жүйенің реттілік диаграммасы

Диаграмма жүйенің компоненттері арасындағы әрекеттер мен хабарламалар тізбегін көрсету арқылы пайдалану процестерін егжей-тегжейлі көрсетуге көмектеседі. Бұл use case диаграммаларында анықталған функциялардың қалай жүзеге асырылатынын жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Білім беруге арналған ақпараттық жүйе өте күрделі және көп уақытты талап ететін процесс. Білім беру саласы дамып келе жатқандықтан көптеген процестер жаңашылдықты, жаңа технологиялар мен жана ресурстарды талап етеді.

**Қорытынды.** Мақалада білім беруге арналған ақпараттық жүйені әзірлеу мәселесі зерттелген және оның білім беру саласында заманауи білім беру процесін ұйымдастыруға қажетті құрал екені дәлелденген. Ақпараттық жүйелерді білім саласында сәтті енгізу білім алушылардың да, педагогтардың да қажеттіліктерін қанағаттандырады және білім берудің тиімділігі мен икемділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Жобаланған ақпараттық жүйенің негізгі арты-

қшылықтары:

1. Оқытуды даралау. Жүйе білім алушының жеке қажеттіліктер мен қалауларына сәйкес материалды зерттеудің қарқыны мен дәйектілігін таңдай отырып, өздерінің білім беру траекториясын дербес құруға мүмкіндік береді.
2. Интерактивтілік және тәжірибелік фокус. Платформа білім алушылардың алған білімдері мен дағдыларын оқу процесінде белсенді қолдануға мүмкіндік беретін интерактивті жаттығулардың, тапсырмалардың және құралдардың кең ауқымын қамтиды.
3. Қашықтан және асинхронды өзара әрекеттесу. Білім алушылар теориялық материалды оқи алады, тапсырмаларды орындай алады және кезкелген педагогтан өздеріне ыңғайлы уақытта аудиториялық сабақтар шеңберімен шектелмей кері байланыс ала алады.
4. Үлгерім мониторингі және жеке қолдау. Жүйе білім алушылардың үлгерімін тиімді бақылауды, тапсырмаларды автоматтандырылған

тексеруді және одан әрі оқыту бойынша жеке-лендірілген ұсыныстарды қамтамасыз етеді.

Ақпараттық жүйені одан әрі жетілдіру оның функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтуге, басқа білім беру ресурстарымен интеграциялауға,

сондай-ақ әртүрлі оқу бағдарламалары мен білім беру ұйымдарының ерекшеліктеріне бейімделуге бағытталуы мүмкін. Мұндай шешімдерді енгізу білім беруді неғұрлым қолжетімді және тиімді етуге мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер

1. G.T.Balakayeva, D.K.Darkenbayev, M.Zhanuzakov. Development of a software system for predicting employee ratings // *Informatyka, Autovatyka, Pomiary w Gospodarce I Pchronie Srodowiska*, 2023. – Vol.13(3). -P. 121–124. DOI 10.35784/iapgos.3723
2. Ni Wayan Aprillia Pratiwi, Ida Bagus Surya Manuaba. The Effectiveness Of A Concrete Media Assisted Project Based Learning Model On Students ' Science Competency // *Journal of Education Technology*. -2020. -Vol.4(4). - P. 465-470. DOI 10.23887/jet.v4i4.27112
3. Isa, W.A.R.W.M., Suhaimi, A.I.H., Noordin, N. *et al.* Hunger hero mobile application: applying soft system methodology at a local orphanage // *International Journal of Information Technology*. - 2023. - Vol.15, -P.691–696. DOI 10.1007/s41870-022-01101-w
4. Ade Mukhfir Guswara, Wawan Purwanto. The Contribution of Google Classroom Application and Motivation to The Learning Outcomes of Web Programming // *Journal of Education Technology*. -2020. -Vol.4(4). - P. 424 - 432. DOI 10.23887/jet.v4i4.29896
5. G.T.Balakayeva, P.Ezhichelvan, M.K.Tursynkozha. Analysis Research and Development of an Innovative Enterprise Digitalization System for Remote Work // *International Journal of Mathematics and Physics*. -2022. -Vol.13(1). -P.19-29. DOI 10.26577/ijmph.2022.v13.i1.02
6. D.Darkenbayev. BigData processing on the example of credit scoring // *Journal of problems in computer science and information technologies*. - 2023. -Vol.1.-P.50 – 61. DOI 10.26577/1i32jpcsit2307
7. Yue Huang, Joshua Wilson, Henry May. Exploring the Long-Term Effects of the Statewide Implementation of an Automated Writing Evaluation System on Students' State Test ELA Performance. // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. -2024. -Vol.34(3). -P. 1- 30. DOI 10.1007/s40593-024-00443-9
8. D.K.Darkenbayev, A.Altybay, Zh.Darkenbayeva, N.O.Mekebayev. Intelligent Data Analysis on an Analytical platform // *Informatyka, Autovatyka, Pomiary w Gospodarce I Pchronie Srodowiska*. - 2024. - Vol.14(1). - P. 119-122. DOI 10.35784/iapgos.5423
9. Schwab M., Strobelt H., Tompkin J., Fredericks C., Huff C., Higgins D., Strezhnev A., Komisarchik M., King, G., & Pfister H. An Education System with Hierarchical Concept Maps // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. - 2016. -Vol.22(9). -P. 2111- 2124. DOI 10.1109/TVCG.2016.2598518
10. Shi, D., Cui W., Huang D., Zhang H., & Cao N. Reverse-Engineering Information Presentations: Recovering Hierarchical Grouping from Layouts of Visual Elements // *Association for Computing Machinery*. - 2022. -Vol.1(1). - P.1-21. DOI 10.1007/s44267-023-00010-1

#### *Авторлар туралы мәліметтер*

Даркенбаев Д.К. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доцент м.а., Алматы, Қазақстан, e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com;

Жакшиликова Г.Ж. -Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: gulnur201801@gmail.com;

Мекебаев Н.О. - PhD, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің қауымдастырылған профессор м.а., Алматы, Қазақстан, e-mail: nurbapa@gmail.com

***Information about the authors***

D.Darkenbayev - PhD, Acting Associate Professor Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com;

G.Zhakshilikova - Master' s student, Kazakh National Women' s Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: gulnur201801@gmail.com;

N.Mekebayev - PhD, Acting Associate Professor Kazakh National Women' s Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurbapa@gmail.com



**APPLICATION OF AGGLOMERATIVE CLUSTERING FOR FORMING SKILL COMMUNITIES OF JOB VACANCIES****V. Ramazanova, M.Sambetbayeva, A.Tokhmetov, Zh. Lamasheva, S.Serikbayeva** ✉,<sup>1</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

✉ Correspondent-author: inf\_8585@mail.ru

One of the traditional methods for community detection in knowledge graphs is agglomerative clustering. Agglomerative hierarchical clustering is a widely used type of hierarchical clustering for grouping objects based on their similarity. This method follows a bottom-up approach, beginning with each individual data point considered as an independent cluster, which are then continuously merged based on a similarity threshold between clusters. This paper focuses on the use of agglomerative clustering for analyzing skills extracted from job postings on an online recruitment platform. It describes the approach to data collection, processing, and subsequent clustering, providing an overview of linkage methods between clusters and examples of the application of various coefficients for quantitative assessment of cluster quality. An analysis of bilingual clusters in Russian and English is conducted, allowing for an evaluation of the versatility and adaptability of the proposed approach to analyzing the multilingual labor market in Kazakhstan. It was found that agglomerative clustering methods hold significant potential for identifying structured groups of skills, which can enhance the understanding of labor market trends and needs. The analysis of clusters formed in different languages confirmed the universality and adaptability of the proposed approach to multilingual data.

**Keywords:** Sentence transformers, skills clustering, agglomerative clustering, silhouette coefficient, skills communities.

**ПРИМЕНЕНИЕ АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ НАВЫКОВ ВАКАНСИЙ****В.С.Рамазанова, М.А.Самбетбаева, А.Т. Тохметов, Ж.Б. Ламашева, С.К.Серикбаева** ✉,<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,  
e-mail:inf\_8585@mail.ru

Одним из традиционных методов обнаружения сообществ в графах знаний является агломеративная кластеризация. Агломеративная иерархическая кластеризация – это широко используемый тип иерархической кластеризации для группировки объектов на основе их сходства. Этот метод следует подходу «снизу-вверх», начиная с того, что каждая отдельная точка данных рассматривается как независимый кластер, которые затем непрерывно объединяются на основе порога сходства между кластерами. В данной статье основное внимание уделяется использованию агломеративной кластеризации для анализа навыков, извлеченных из объявлений о вакансиях на онлайн-платформе по подбору персонала. В ней описывается подход к сбору, обработке и последующей кластеризации данных, дается обзор методов связи между кластерами и примеры применения различных коэффициентов для количественной оценки качества кластера. Проводится анализ двуязычных кластеров на русском и английском языках, что позволяет оценить универсальность и адаптивность предлагаемого подхода к анализу многоязычного рынка труда в Казахстане. Было обнаружено, что методы агломеративной кластеризации обладают значительным потенциалом для выявления структурированных групп навыков, которые могут улучшить понимание тенденций и потребностей рынка труда. Анализ кластеров, сформированных на разных языках, подтвердил универсальность и адаптивность предлагаемого подхода к многоязычным данным.

**Ключевые слова:** Трансформеры предложений, кластеризация навыков, агломеративная кластеризация, коэффициент силуэта, сообщества навыков.

## ЖҰМЫС ДАҒДЫЛАРЫ ҚАУЫМДАСТЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ҮШІН АГЛОМЕРАТИВТІ КЛАСТЕРЛЕУДІ ҚОЛДАНУ

В.С.Рамазанова, М.А.Самбетбаева, А.Т.Тохметов, Ж.Б. Ламашева, С.К.Серикбаева ✉,

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,  
e-mail: inf\_8585@mail.ru

Білім графтарында қауымдастықты анықтаудың дәстүрлі әдістерінің бірі агломеративті кластерлеу болып табылады. Агломеративті иерархиялық кластерлеу объектілерді ұқсастығына қарай топтастыру үшін иерархиялық кластерлеудің кеңінен қолданылатын түрі болып табылады. Бұл әдіс әрбір жеке деректер нүктесін тәуелсіз кластер ретінде өңдеуден бастап, төменнен жоғарыға қарай әрекет етеді, содан кейін олар кластерлер арасындағы ұқсастық шегіне негізделген үздіксіз біріктіріледі. Бұл жұмыс онлайн жалдау платформасында жұмыс туралы хабарландырулардан алынған дағдыларды талдау үшін агломеративті кластерлеуді пайдалануға бағытталған. Ол деректерді жинау, өңдеу және кейіннен кластерлеу тәсілін сипаттайды, кластерлер арасындағы байланыс әдістеріне шолу жасайды және кластердің сапасын сандық бағалау үшін әртүрлі коэффициенттерді қолдану мысалдарын береді. Орыс және ағылшын тілдеріндегі қостілді кластерлерге талдау жүргізілді, бұл Қазақстанның көптілді еңбек нарығын талдауға ұсынылып отырған тәсілдің әмбебаптығы мен бейімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Агломеративті кластерлеу әдістері еңбек нарығының тенденциялары мен қажеттіліктерін түсінуді жақсартатын құрылымдық дағдылар топтарын анықтау үшін маңызды әлеуетке ие екендігі анықталды. Әртүрлі тілдерде қалыптасқан кластерлерді талдау көптілді деректерге ұсынылған тәсілдің әмбебаптығы мен бейімделгіштігін растады.

**Түйін сөздер:** Сөйлем трансформерлері, дағдыларды кластерлеу, агломеративті кластерлеу, силуэт коэффициенті, дағдылар қауымдастықтары.

**Introduction.** The rapid growth in the volume of data on skills and qualifications available through online employment platforms represents a rich source of information on current and future labor market trends. However, due to their volume and diversity, clustering methods play a crucial role in structuring this information. In the context of graphs, communities, also known as clusters or modules, are groups of vertices that typically share common characteristics and/or perform similar functions within the graph [1].

One of the methods for community detection in graphs is hierarchical clustering. Applying agglomerative clustering methods to skills can reveal not only existing groups of similar skills but also uncover communities within knowledge graphs. Understanding and analyzing the structures of skill communities can significantly enhance career development strategies by fostering closer integration between educational and professional training and market needs.

The goal of this work is to create clusters that group semantically similar skills, which, though they

may be phrased differently, retain the same overall meaning. The results of such clustering are intended to form communities of nodes in knowledge graphs, allowing for a deeper exploration of skill structures in the market.

This paper focuses on the use of agglomerative clustering for analyzing skills extracted from job postings on the online recruitment platform HeadHunter in Kazakhstan. It describes the approach to data collection, processing, and subsequent clustering, providing an overview of methodologies and examples of applying various metrics to assess cluster quality. An analysis and comparison of clusters obtained with different agglomerative clustering parameters for sets of phrases in Russian and English were conducted, allowing for an evaluation of the versatility and adaptability of the proposed approach to analyzing the modern labor market.

**Literature review.** Hierarchical clustering is highlighted as one of the traditional methods for community detection in graph structures in article [1]. Hierarchical clustering is widely used

in various fields such as social networks and biology. This method begins with defining a measure of similarity between all pairs of vertices. Agglomerative algorithms, which merge clusters based on similarity, do not require a pre-specified number of clusters, which is an advantage. However, the main drawback of agglomerative hierarchical clustering is poor scalability.

Articles [2] and [3] provide a detailed overview of various agglomerative hierarchical clustering methods, such as single linkage, complete linkage, average linkage, and Ward's method. These methods are used to group objects based on their similarity, which is applicable to the analysis of skills from job postings. As noted in [3], the choice of metric and linkage method significantly impacts clustering results, necessitating a careful approach to parameter tuning. This is particularly important for text data analysis, where selecting an appropriate metric can substantially affect the quality of clusters and, consequently, skill analysis. The algorithm proposed in article [4] presents a distributed approach to agglomerative clustering that can be efficiently scaled to handle billions of objects. Article [5] introduces the concept of using the Ordered Weighted Averaging (OWA) operator to modify traditional linkages in agglomerative hierarchical clustering. This method is of interest for research aimed at enhancing the flexibility and robustness of clustering algorithms.

The use of the silhouette coefficient to evaluate cluster quality, as demonstrated in [6], allows for assessing the degree of separation of clusters and determining the optimal number of clusters. On the other hand, studies [7] highlight the limitations of the silhouette coefficient and the Calinski-Harabasz index, which can lead to misinterpretation of clustering results. In such cases, an additional expert review of the data may be helpful to improve understanding of the internal structure of the clusters.

Article [8] describes in detail how proper text preprocessing, such as sentence segmentation, tokenization, stop-word removal, and lemmatization, can significantly improve the quality and accuracy of machine learning algorithms. The study

[9] examines sentence vector representations based on Transformer models in combination with various clustering methods. Article [10] discusses the semantic accuracy of models. The authors compare four freely available pre-trained sentence transformer models (all-MiniLM-L6-v2, all-MiniLM-L12-v2, all-mpnet-base-v2, and all-distilroberta-v1) on a sample of 6,110 articles and select the most efficient model, all-mpnet-base-v2.

Article [11] addresses the complex task of clustering categorical data in data analysis. The author proposes an algorithm for clustering job vacancies based on required skills using hierarchical clustering and the Girvan-Newman method to identify job clusters. Article [12] explores the use of two popular data clustering methods: K-Means and agglomerative clustering, on data related to seafarer certification skills. The authors analyze the advantages of each approach, including K-Means ability to quickly process large volumes of data and provide clearly delineated clusters, while agglomerative clustering offers a detailed, hierarchical view of the data, useful for understanding complex structures of certification requirements. The study [13] analyzes the performance of text data clustering using the TF-IDF method, fuzzy K-means, and hierarchical agglomerative clustering on datasets such as News 20, Reuters, and email collections. The results show that hierarchical agglomerative clustering provides better performance compared to fuzzy K-means, including lower entropy and higher F-measure values, indicating clearer separation and consistency of clusters.

Article [14] describes the use of the Hierarchical Dirichlet Process (HDP) for clustering documents that define skills in an industrial environment for large IT companies. The article [15] studies thematic clustering using TF-IDF and K-Means methods in the field of information technology. The articles [16-17] consider clustering of vacancies based on skills.

Thus, the literature review emphasizes the importance of selecting the appropriate clustering methods and metrics in data analysis. Studies show

that hierarchical agglomerative clustering offers its advantages depending on data characteristics and analysis goals. Clustering efficiency increases with the use of adapted metrics and methods, which is crucial for achieving accuracy and validity of results. The implementation of innovative approaches enhances the flexibility and scalability of methods, which is critically important when working with large volumes of data. Assessing cluster quality through silhouette coefficients and other indices helps determine the optimal number of clusters, ensuring clearer data separation and consistency.

**Materials and methods.** *Collection, processing and preparation of data embeddings.*

The dataset on skills was downloaded from the online recruitment site hh.kz in Russian and English using the provided API (<https://api.hh.ru/vacancies>) and the Python programming language. Skills from job vacancies were collected over two months, from February 1, 2024, to March 31, 2024, from 177 localities in Kazakhstan, covering

25 professions in the information technology sector: analyst, art director, creative director, game designer, designer, artist, chief information officer (CIO), product manager, programmer, developer, development team lead, project manager, network engineer, system administrator, system engineer, information security specialist, technical support specialist, tester, chief technology officer (CTO), technical writer, system analyst, business analyst, methodologist, BI analyst, data analyst, head of analytics department, DevOps engineer, product analyst, and data scientist. The number of vacancies amounted to 5248. The number of unique skills totaled 3047. Skill phrases were treated as sentences.

Next, from the data set of vacancies and skills, a knowledge graph was built in the neo4j graph DBMS. Let's consider the ontological model of the graph of skills and vacancies. The graph includes a set of entity classes:  $E_{\text{Recruitment}} = \{\text{Vacancy, Skill, Requirement, Responsibility}\}$  and a set of relationships:  $R_{\text{Recruitment}} = \{\text{REQUIRE, HAS\_REQUIREMENT, HAS\_RESPONSIBILITY}\}$ .



**Fig. 1 - Example of a subgraph of vacancies and skills. The node representing the vacancy is marked in purple, skill nodes are marked in red, requirement nodes are marked in blue, and responsibility nodes are marked in yellow**

Figure 1 presents a subgraph centered on Project Specialist (Aksai)” and other related the node representing the vacancy ”Senior IT skills and vacancies. This node is connected to

other nodes representing skills, requirements, and responsibilities that describe various aspects of its role and qualifications.

A notable feature of this graph is the presence of many paraphrased skills that share the same meaning. Subsequently, it is necessary to construct communities of semantically similar paraphrased skills for the job vacancy skills graph.

Duplicates were removed from the set of skill phrases, all skills were converted to lower case, and phrase embeddings were generated using the paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2 model. Paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2 is a pre-trained transformer model designed to generate text embeddings, mapping sentences and paragraphs into a 768-dimensional dense vector space. The model is trained on over fifty languages and optimized to create vectors that effectively represent the semantic content of text, making the embeddings particularly useful for tasks related to paraphrase identification, semantic search, and text clustering. The embeddings generated by this model capture the semantic and contextual features of the text, making them suitable for grouping texts by meaning.

*Selection of clustering method, visualization and evaluation.* Agglomerative clustering is a type of hierarchical clustering used to group objects into clusters based on their similarity. It is considered a "bottom-up" method because it starts with each object initially considered as a separate cluster, and then, step by step, clusters are merged until a specified number of clusters or a distance threshold is reached (Fortunato, 2010).

The configuration for agglomerative clustering involves several parameters: `n_clusters` - the number of clusters to find, should be `None` if `distance_threshold` is specified; `distance_threshold` - this parameter sets the distance threshold to stop clustering; `metric` - a "cosine" or "Euclidean" metric was used to measure the distance between clusters, if the relationship is "ward", only the "Euclidean" metric is accepted; `linkage` - the link criterion determines what distance to use between sets of observations. The algorithm will combine pairs of clusters that minimize this criterion: "ward" minimizes the variance of the clusters being merged,

"average" uses the average of the distances of each observation of two sets, "full" or "maximum" link uses the maximum distances between all observations of two sets, "single" uses the minimum distance between all observations of two sets.

The visualization of the results was performed using the scikit-learn and matplotlib libraries and the t-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding) dimensionality reduction technique (Scikit-learn user guide, n.d.). The main advantage of t-SNE is its ability to preserve local data structures, which makes it possible to identify clusters and groups that may be hidden in high-dimensional data.

If the true cluster labels are unknown, clustering evaluation must be performed using the model itself. The silhouette coefficient is an example of such a score, where a higher silhouette coefficient score refers to a model with more clearly defined clusters. Silhouette coefficient is a metric that measures how well each data point fits into its assigned cluster. It combines information about both the connectivity (how close data point *a* is to other points in its own cluster) and separation (how far data point *b* is from points in other clusters) of the data point technique (Scikit-learn user guide, n.d.).

The Calinski-Harabasz index, also known as the Variance Ratio Criterion, can also be used to evaluate the model, where a higher Calinski-Harabasz score corresponds to a model with well-defined clusters. The score is higher when clusters are dense and well-separated, which aligns with the standard concept of a cluster technique (Scikit-learn user guide, n.d.).

Our approach to determining the optimal silhouette coefficient is based on an iterative experimental programmatic process in which the distance threshold between clusters was cyclically set for different proximity metrics and linkage types to determine the maximum value of the silhouette coefficient. Ranges of the «Distance\_threshold» parameter were tested to determine the point at which a balance among the average silhouette coefficient (should be maximum), the percentage of clusters with negative silhouette coefficient (should be closer to zero), and visual inspection



of the clusters was observed. The program for the Scikit-learn library. cyclic process was implemented in Python using the

**Table 1 - Parameters and results of experiments**

Clustering parameters			Number of clusters	Average silhouette coefficient of all clusters	Percentage of clusters with silhouette coefficient greater than 0.03	Percentage of clusters with negative silhouette coefficient	Average Calinski-Harabasz index
Metric	Linkage	Distance_threshold					
cosine	average	0.2	1669	0.25506	33.97%	0%	9.60789
		0.24	1403	0.26764	40.77%	0.07%	9.03752
		0.25	1335	0.27106	42.77%	0.07%	9.03694
		0.26	1280	0.26711	43.44%	0.07%	8.88383
		0.27	1221	0.26728	44.31%	0%	8.83944
		0.28	1166	0.27018	46.14%	0%	8.77975
		0.29	1121	0.27126	47.55%	0%	8.76839
		0.3	1077	0.27041	48.75%	0.09%	8.76821
		0.31	1023	0.26873	49.76%	0.09%	8.74085
		0.32	978	0.26798	51.43%	0.1%	8.77425
		0.4	636	0.23460	61.16%	0.31%	8.96599
	0.5	357	0.17152	72.55%	0.84%	9.38007	
	complete	0.29	1342	0.28119	49.93%	2.6%	9.45677
		0.3	1295	0.28338	51.43%	2.78%	9.48204
		0.31	1257	0.28413	52.51%	2.86%	9.43280
		0.32	1222	0.28468	53.68%	2.86%	9.43222
		0.33	1175	0.28383	55.15%	2.89%	9.33287
		0.34	1143	0.28272	55.47%	3.32%	9.31358
		0.35	1099	0.28272	57.23%	3.37%	9.30610
	single	0.4	916	0.27294	63.54%	3.93%	9.39409
		0.2	1045	-0.18031	19.14%	0.27%	2.39889
0.29		406	-0.28775	17.24%	0.49%	1.84882	
euclidean	ward	0.39	106	-0.19031	17.92%	0.94%	1.89379
		2	1316	0.25526	47.72%	4.79%	10.69402
		2.5	894	0.26155	62.08%	7.49%	10.48007
		2.9	666	0.24942	72.67%	9.46%	10.89370

**Note - Compiled by the author**

**Results and discussions.** As a result of the experiments, 3047 skill phrases were processed. Table 1 presents data on various metrics (cosine, euclidean), linkage types (average, complete, single, ward), distance threshold values, the number of clusters, the average silhouette coefficient of all clusters, the percentage of clusters with a silhouette coefficient above 0.03 (the most successful clusters), the percentage of clusters with a negative silhouette coefficient, and the average

Calinski-Harabasz index.

The data for Table 1, starting from the fourth column, were obtained as a result of cyclic operation of the agglomerative clustering algorithm for three initial parameters (the first three columns), with programmatically evaluation of cluster quality by silhouette and Calinski-Harabasz coefficient algorithms.

When using cosine similarity with average

linkage, a significant reduction in the number of clusters from 1669 to 357 is observed as the distance threshold increases from 0.2 to 0.5. In this parameter configuration, the silhouette coefficient is of primary interest, and the optimal threshold for balanced clustering is found to be between 0.28 and 0.3, where good silhouette scores are achieved while maintaining a reasonable number of clusters.

For cosine similarity with complete linkage, the silhouette coefficient varies from 0.28119 to 0.27294. The complete linkage method exhibits a significant increase in the percentage of negative silhouettes (up to 3.93% at a threshold of 0.4), which may be attributed to its tendency to form clusters by combining distantly located elements, thereby increasing group overlap.

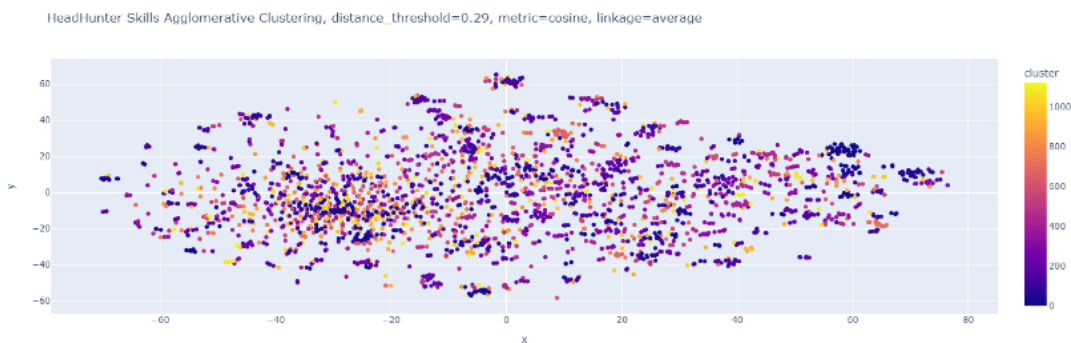
When using cosine similarity with single linkage, poor clustering quality is evident, with negative average silhouette values and low Calinski-Harabasz index scores, indicating an unsuitable linkage method for this type of data. The method exhibits negative average silhouette values, indicating extremely weak separation between clusters.

For Euclidean similarity with Ward linkage, a

threshold of 2.5 is optimal in terms of the silhouette coefficient, providing a good balance between the number and quality of clusters. The method shows an increase in the percentage of negative silhouettes as the threshold increases, reaching 9.46% at a threshold of 2.9, indicating that as the threshold increases, cluster quality deteriorates, and clusters become more diffuse and overlapping.

The average and complete methods with cosine similarity generally yield better silhouette coefficient results, particularly at intermediate threshold values, allowing for a balance between the number of clusters and their quality. The percentage of negative silhouette coefficients indicates the degree of overlap or misclassification within groups, serving as a crucial indicator of cluster structure quality. Further examination of the data leads to the selection of cosine similarity with average linkage and a distance threshold of 0.29, as this option demonstrates the best silhouette coefficient results.

Figure 2 depicts the distribution of skill clusters using average linkage with cosine similarity at a distance threshold of 0.29, where each point represents a specific skill, and the color indicates membership in one of the clusters.



**Fig. 2 - Distribution of skill clusters using average linkage with cosine similarity at a distance threshold of 0.29**

The points are evenly distributed across the graph, although there is some concentration in the center. This may indicate common or frequently occurring skills that do not exhibit distinct unique properties, in contrast to rarer or more specialized skills found on the periphery.

Grouped points represent niche skills that are

divided into several clusters. For instance, Table 2 shows several clusters related to testing. As described in the Materials and methods section, the clustering data was collected in Russian and English. In this case, the phrases in the data could be completely in the same language or contain elements of both languages at the same time.

Table 2 - Example of clusters

Cluster number	Skills in the cluster	Silhouette coefficient
248	тестирование мобильного приложения, тестирование мобильных приложений, диагностика смартфонов	0.53794
130	автоматизированное тестирование, автотестирование, автоматизация тестирования, automation test, auto-testing	0.5163
214	тестирование пользовательского интерфейса, тестирование новых девайсов	0.18981
478	проведение ux/ui тестирований, unit testing, ui test	0.1366
116	test case, проведение тестирований, тестирование api, функциональное тестирование, нагрузочное тестирование, диагностика, a/b testing, ручное тестирование, тестирование, модульное тестирование, регрессионное тестирование, a/b тесты, диагностика пк, a/b тестирование, регрессионное тестирование, functional testing, кроссбраузерное тестирование, тестовая документация, тест-кейсы, testing framework, тест-дизайн, a/b-тестирование	0.09042
976	интеграционное тестирование	0.0
1057	beta-тестирования	0.0
818	тестирование qa	0.0
<b>Note - Compiled by the author</b>		

Table 3 - Cluster 33

Cluster number	Skills in the cluster	Silhouette coefficient
33	java, верстка, vue, лвс, ui, vuejs, veam, sap fi, osi, скд, с#, релиз, jpa, lte, асутп, сапр, asana, kotlin, впр, pestel, ge/m, vlan, java ee, сопровождение по, снип, itil, otrs, presales, nat, онбординг, sono, siem, unix, java se, idef, trello, глонасс, rtos, mbedos, срм, iis, koin di, vue js, pascal, kafka для очередей, fastapi, vuetify, фронтенд, удаленка, абис, uix, jest, nestjs, nodejs, цод, vgr, айдентика, aiohttp, парсер, сбор трейсов, zbrush, спецпроекты, ar, lld, асу тп, стпо, ai, имра, ррл, vite, бэм, плк, геттеры, смр, olap, aris, erspan, cacti, xunit, gradle, prd, gke, maven, ремонт п, пайка, переустановка по, trc, bem, сметы, гис, эсф, персо, vt, по, опс, java/kotlin, хамарин, лендинг, vtiger, биот, эдо, эквайринг, предовос, пэк, ппм, ндв, пдс, сзз, palo alto, jvm, суиб, волс, talend, пресейл, presale, ram, estaff, актуарий, uart, serdes, отладка, saml, элеткрик, пк, екв, в2в., wcdma	0.0063
<b>Note - Compiled by the author</b>		

The list of clusters containing both Russian and English terms highlights the bilingual nature of the data. Including skills in both languages can enhance the understanding of professional competency requirements across different regions, thereby increasing the universality of research in

employment and education.

Some clusters overlap with each other, which may result from fuzzy boundaries between skills or the proximity of their content. Cluster 33 is the last cluster with a silhouette coefficient greater than zero. Table 3 shows cluster 33, which includes many unrelated abbreviations and monosyllabic terms.

An analysis of the table for Cluster 33 reveals a large number of diverse skills, ranging from programming (Java, Kotlin, Node.js) to specialized technical and engineering areas (soldering, repair, software reinstallation). The very low silhouette coefficient (0.0063) indicates that this cluster is poorly separated from others, possibly due to its excessive heterogeneity.

The remaining skills do not form clusters and have a silhouette coefficient of zero. These isolated skills constitute approximately 19% of the total number of skills.

Analyzing the results, it can be stated that the distribution of silhouette coefficients reflects the quality of the clustering. Typically, the silhouette coefficient ranges from 1 to -1. In our case, clusters with a high silhouette coefficient, ranging from 1 to 0.04, exhibit acceptable quality upon inspection and can be used to create skill communities within a knowledge graph. Clusters with a silhouette coefficient between 0.03 and 0 are not suitable for community creation within the graph, as they have very blurred boundaries and include overly heterogeneous terms. Clusters with a zero silhouette coefficient include unique skills that do not cluster with other skill formulations. Clusters with a negative silhouette coefficient are of very

poor quality and may include highly heterogeneous data. However, in our selected configuration, such clusters were not observed as a result of the experiments.

When the silhouette coefficient threshold for each cluster is set above 0.03, these clusters will subsequently be used to identify skill communities within job and skill knowledge graphs.

In analyzing clusters formed from skills in both Russian and English, it is important to note that this approach allows for the consideration of linguistic diversity, making the clustering process more adaptive and accurate for multilingual data. This approach enables a better understanding of data structure and provides a higher-quality analysis of skills or qualifications.

When analyzing potential clustering errors, a key pattern can be observed that may affect cluster quality, particularly in relation to phrase length. Short phrases or abbreviations often carry less unique information and may be erroneously grouped due to similarities in spelling or pronunciation. For example, abbreviations such as SCCM and SCTP might be clustered with Scrum, despite differences in their functions and applications.

For short words and abbreviations, it was necessary to improve embedding generation algorithms and conduct additional clustering. The additional training of the multilingual Paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2 model used for generating embeddings based on the paraphrase data set "short abbreviation-full form" partially solved the problem.

**Table 4 - Comparison of erroneous clusters before and after training the embedding model**

<b>Embedding model</b>	<b>Silhouette coefficient</b>	<b>Number of clusters (including single terms)</b>	<b>Percentage of Single Terms from Total Skills (3047)</b>	<b>Percentage of erroneous clusters</b>
Before training	0,27126	1121	19,17%	19,74%
After training	0,2851	1407	24%	13,97%

Let's consider the ratio of individual skills and erroneous clusters with a positive silhouette coefficient obtained before and after training. The correctness of cluster formation was evaluated by an expert.

Fine-tuning the model led to an increase in the number of clusters, which may indicate more detailed segmentation of skills. The increase in the average silhouette coefficient and the percentage of successful clusters points to improved clustering quality after fine-tuning the model. The percentage of erroneous clusters decreased, further confirming the model's improved performance. After further training, there was a partial improvement in results, but for better results it is necessary to create a separate dictionary of abbreviations.

To address the potential for scalability of our approach beyond the IT sector, we can expand its applicability to other professional domains, such as finance, healthcare, and engineering. The methodology can be adapted to these areas by incorporating domain-specific skills. Potential adaptations include the use of specialized embedding models trained on sector-relevant text corpora, which would enable more accurate clustering of context-specific skills. For instance, in the healthcare sector, medical terminologies and technical jargon could be incorporated into the embedding space to improve the identification of skill communities. Similarly, in the finance sector, the inclusion of financial industry terms and competencies could enhance the clustering process.

**Conclusions.** This study explored the application of agglomerative hierarchical clustering for analyzing skills extracted from an online recruitment platform. The research encompassed a broad range of linkage methods and distance metrics, allowing for the assessment and comparison of the

effectiveness of each approach in the context of clustering semantically diverse data.

It was found that agglomerative clustering methods hold significant potential for identifying structured groups of skills, which can enhance the understanding of labor market trends and needs. The analysis of clusters formed in different languages confirmed the universality and adaptability of the proposed approach to multilingual data.

However, certain issues were also identified during the analysis, such as overlapping clusters and low silhouette coefficient values in some clustering configurations. These observations have indicated the need for further refinement of data preprocessing techniques to improve the quality of results. After further training of the embedding model on paraphrases, a partial improvement in results was observed, however, a separate dictionary of abbreviations will be created for the best results.

The findings of this study can be utilized to develop more effective data analysis tools, including the creation of educational programs and skill development strategies tailored to the evolving conditions of the labor market. The proposed methods and approaches may also find application in other areas where analyzing large volumes of textual information is required to identify hidden patterns and relationships.

In conclusion, despite certain challenges, the results achieved confirm the value and effectiveness of hierarchical agglomerative clustering as a tool for deep data analysis, opening new avenues for further research and practical applications in the field of data analytics.

**Financing.** *This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP22783030).*

## References

1. Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs// Physics Reports.- 2010.-Vol.486(3-5).-P. 75-174. DOI 10.1016/j.physrep.2009.11.002
2. Oti, E., & Olusola, M. (2024). Overview of agglomerative hierarchical clustering methods //British Journal of Computer, Networking and Information Technology.-2024.-Vol., 7(2).-P 14-23. DOI 10.52589/BJCNIT-CV9POOGW



3. Tokuda, E. K., Comin, C. H., & Costa, L. F. (2022). Revisiting agglomerative clustering// *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*.- Vol.585, Article 126433. DOI 10.1016/j.physa.2021.126433
4. Sumengen, B. (2021). Scaling hierarchical agglomerative clustering to billion-sized datasets. *arXiv*, 2021. DOI 10.48550/arXiv.2105.11653
5. Cena, A., & Gagolewski, M. (2020). Genie+OWA: Robustifying hierarchical clustering with OWA-based linkages// *Information Sciences*.-2020.-Vol. 520.-P. 324-336. DOI 10.1016/j.ins.2020.02.025
6. Gagolewski, M., Bartoszek, M., & Cena, A. Are cluster validity measures (in)valid? // *Information Sciences*.-2021.-Vol. 581.- P. 620-634. DOI 10.1016/j.ins.2021.10.004
7. Söküt Açar, T., & Öz, N. A. The determination of optimal cluster number by silhouette index at clustering of the European Union member countries and candidate Turkey by waste indicators// *Politeknik Dergisi*.-2020.-Vol. 26(3). DOI 10.5505/pajes.2019.49932
8. Tabassum A., Patil R. R. A survey on text pre-processing & feature extraction techniques in natural language processing// *International Research Journal of Engineering and Technology*.-2020ю-Vol.7(6).- P.4864-4867. <https://www.semanticscholar.org>
9. Pugachev L., Burtsev M. (2021). Short text clustering with transformers, *ArXiv*:21.02.00541v1 DOI 10.28995/2075-7182-2021-20-571-577
10. Galli C., Donos N., Calciolari E. Performance of 4 pre-trained sentence transformer models in the semantic query of a systematic review dataset on peri-implantitis// *Information*.- 2024.- Vol.15(2), Article 68. DOI 10.3390/info15020068
11. Ternikov A. A. (2022). Skill-based clustering algorithm for online job advertisements// *Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics*.-2022.- Vol.22(2).-P. 250-265. DOI 10.18500/1816-9791-2022-22-2-250-265
12. Karthikeyan, B. A comparative study on K-means clustering and agglomerative hierarchical clustering// *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*.-2020.-Vol. 8(5).-P. 1600-1604. DOI 10.30534/ijeter/2020/20852020
13. Bafna, P., Pramod, D., & Vaidya, A. (2016, March). Document clustering: TF-IDF approach. In 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) (pp. 61-66). DOI 10.1109/ICEEOT.2016.7754750
14. Srivastava, R., Hingmire, S., & Palshikar, G. K. (2020). Clustering skills for industrial learning. TCS Research, Tata Research Design & Development Centre, Hadapsar, Pune. <https://www.cse.msu.edu>
15. Biloshchytskyi, A., Shamgunova, M., & Biloshchytska, S. (2024). Exploration of the thematic clustering and collaboration opportunities in Kazakhstani research// *Scientific Journal of Astana IT University*.-2024.-Vol. 17(17).-P.106-121. DOI 10.37943/17ALVR8114
16. Ternikov, A. A. Skill-based clustering algorithm for online job advertisements// *Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics*,-2022.- 22(2).-P. 250 - 265. DOI 10.18500/1816-9791-2022-22-2-250-265
17. Dikov M.E., Shirobokova S.N. O variante formalizacii zadachi izvlechenija kljuchevyh navykov i klasterного analiza vakansij pri realizacii kompleksnogo instrumentarij cifrovoj proforientacii.// *Inzhenernyj vestnik Dona*.-2024.- № 3.- S.1-10.[in Russian] <https://cyberleninka.ru>

*Сведения об авторах*

Рамазанова В. С.- магистр технических наук, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: ramazanovavs@gmail.com;

Самбетбаева М. А.- PhD, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева Астана, Казахстан,

e-mail: madina\_jgtu@mail.ru;

Тохметов А. Т. - доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: attohmetov@mail.ru;

Ламашева Ж. Б. - PhD, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: lamasheva\_zhb@enu.kz ;

Серикбаева С. К. - PhD, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: inf\_8585@mail.ru

***Information about the authors***

Ramazanov V. - master of technical sciences, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ramazanovavs@gmail.com;

Sambetbayeva M. - PhD, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: madina\_jgtu@mail.ru;

Tokhmetov A. - associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: attohmetov@mail.ru;

Lamasheva Zh. - PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: lamasheva\_zhb@enu.kz;

Serikbayeva S. - PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: inf\_8585@mail.ru

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

<sup>1</sup>М.А. Джетимов<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Л.К. Ыбраймжанова, <sup>3</sup>Н.А. Бектенов,

<sup>4</sup>Э.А. Камбарова, <sup>5</sup>С.А. Маманова

<sup>1,2,5</sup>Жетысуский университет имени И.Жансугурова, г.Талдыкорган, Казахстан,

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан,

<sup>4</sup>Таразский региональный университет им М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: make.\_d\_61@mail.ru

В данной статье представлены результаты исследования применения комплексных природных минеральных сорбентов на основе бентонит-монтмориланита, диатомита и цеолита распространенных у подножья Жетысуского Алатау для очистки и кондиционирования питьевой воды и очистки сточных вод от тяжелых металлов и других примесей.

Изучен физико-химический, минералогический состав природных сорбентов и адсорбционная эффективность полученных комбинированных сорбентов, обнаружено увеличение сорбционной активности в зависимости от состава сорбента и влияния модификации сорбентов от температуры обжига. Для повышения адсорбционной способности сорбентов при термообработке использовали механизм термической активации, что обусловлено удалением адсорбированной и конституционной воды, то есть увеличение общей пористости. Близко к термической активации стоит метод гидротермального модифицирования природных сорбентов - обработка в парах воды при высоких температурах и давлении.

Научной и практической ценностью нашего исследования, является получение модификации сорбента, для очистки воды бытовых и промстоков, с единовременной адсорбцией, содержащихся в сточной воде химических и микробиологических загрязнений, способствующего обеззараживанию и умягчению воды, повышающее степень насыщения обработанной воды солями кальция, магния и микроэлементами не требующего для использования сложного оборудования. Результатом исследования является создание модифицированного комплекса из природных сорбентов с очищающей способностью по значению ПДК.

Проводимых экспериментах по использованию природных минеральных сорбентов, в процессах очистки воды от загрязнений выявлены существенные различия в эффективности рассмотренных сорбентов, определяемые их минеральным составом, микроструктурой, сорбционной емкостью и наличием каталитической активности.

**Ключевые слова:** цеолит, бентонит, диатомит, сорбенты, адсорбция, тяжелые металлы.

## МОДИФИКАЦИЯ ЛАНҒАН ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕРМЕН АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАЛАУ

<sup>1</sup>М.А. Джетимов<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Л.К. Ыбраймжанова, <sup>3</sup>Н.А. Бектенов,

<sup>4</sup>Э.А. Камбарова, <sup>5</sup>С.А. Маманова

<sup>1,2,5</sup> І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Қазақстан,

<sup>4</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан,  
e-mail: make.\_d\_61@mail.ru

Бұл мақалада Жетісу (Жоңғар) Алатауының аласа тауларында цеолит, бентонит саздары және диатомит негізіндегі табиғи минералды сорбенттерді ауыз суды тазарту және кондиционерлеу және ағынды суларды сульфаттардан, бикарбонаттардан, нитраттардан, ауыр металл иондарынан және басқа да зиянды қоспалардан тазарту үшін пайдалану тиімділігін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Табиғи сорбенттердің физика-химиялық және минералогиялық құрамы және алынған аралас сорбенттердің адсорбциялық тиімділігі зерттеліп, сорбенттің құрамына және сорбенттердің күйдіру

температурасына модификациясының әсеріне байланысты сорбциялық белсенділіктің жоғарылауы анықталды. Термиялық өңдеу кезінде сорбенттердің адсорбциялық қабілетін арттыру үшін термиялық белсендіру механизмі қолданылды, ол адсорбцияланған және конституционалды суды жоюға, яғни жалпы кеуектіліктің жоғарылауына байланысты. Термиялық активацияға жақын табиғи сорбенттерді гидротермиялық модификациялау әдісі – жоғары температура мен қысымда су буында өңдеу.

Зерттеу жұмысымыздың ғылыми-практикалық құндылығы судың құрамындағы химиялық және микробиологиялық ластаушы заттарды бір мезгілде сорбциялай отырып, суды зарарсыздандыруға және жұмсартуға, тазартылған судың кальциймен қанығу дәрежесін арттыруға көмектесетін ағынды суларды тазартуға арналған сорбенттің модификациясын алу болып табылады, магний тұздары мен микроэлементтер, күрделі жабдықты пайдалануды қажет етпейтін. Техникалық нәтиже химиялық және микробиологиялық ластаушы заттарды сорбциялау қабілеті бар табиғи адсорбенттердің модификацияланған кешенін жасаудан, суды зарарсыздандырудан және жұмсартудан, оны кальций, магний, натрий, калий иондарымен, сонымен қатар микроэлементтермен байытудан тұрады.

Табиғи минералды сорбенттерді суды ластаушы заттардан тазарту процестерінде қолдану бойынша жүргізілген тәжірибелер минералдық құрамымен, микроқұрылымымен, сорбциялық қабілетімен және каталитикалық активтілігімен анықталатын қарастырылып отырған сорбенттердің тиімділігінде айтарлықтай айырмашылықтарды анықтады.

**Түйін сөздер:** цеолит, бентонит, диатомит, сорбенттер, адсорбция, ауыр металдар.

#### WASTEWATER TREATMENT USING MODIFIED NATURAL SORBENTS

<sup>1</sup>M.A. Jetimov , <sup>2</sup>L.K. Ybraimzhanova, <sup>3</sup>N.A. Bektenov,

<sup>4</sup>E.A. Kambarova, <sup>5</sup>S.A. Mamanova

<sup>1,2,5</sup>Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>4</sup>M.Kh.Dulati Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan,

e-mail: make.\_d\_61@mail.ru

This article presents the results of a study of the effectiveness of using natural mineral sorbents based on zeolite, bentonite clays and diatomite in the low mountains of Zhetysu (Dzungar) Alatau for purification and conditioning of drinking water and wastewater treatment from sulfates, bicarbonates, nitrates, heavy metal ions and other harmful impurities .

The physicochemical and mineralogical composition of natural sorbents and the adsorption efficiency of the resulting combined sorbents were studied, and an increase in sorption activity was found depending on the composition of the sorbent and the influence of modification of the sorbents on the firing temperature. To increase the adsorption capacity of sorbents during heat treatment, the mechanism of thermal activation was used, which is due to the removal of adsorbed and constitutional water, that is, an increase in total porosity. Close to thermal activation is the method of hydrothermal modification of natural sorbents - treatment in water vapor at high temperatures and pressure.

The scientific and practical value of our research is to obtain a modification of the sorbent for wastewater purification, with simultaneous sorption of chemical and microbiological contaminants contained in water, promoting disinfection and softening of water, increasing the degree of saturation of the treated water with calcium, magnesium salts and microelements, not requiring for use complex equipment. The technical result consists in creating a modified complex of natural adsorbents with the sorbing ability of chemical and microbiological contaminants, disinfecting and softening water, enriching it with calcium, magnesium, sodium, potassium ions, as well as microelements.

Experiments conducted on the use of natural mineral sorbents in water purification processes from

contaminants have revealed significant differences in the effectiveness of the considered sorbents, determined by their mineral composition, microstructure, sorption capacity and the presence of catalytic activity.

**Keywords:** zeolite, bentonite, diatomite, sorbents, adsorption, heavy metals.

**Введение.** В настоящее время проблема очистки сточных вод актуальна для всех стран мира, включая Республику Казахстан. Одним из основных загрязнителей природных вод являются ионы тяжелых металлов, поступающие в сточные воды из черной и цветной металлургии, горнодобывающей и химической промышленности [1-4].

Известны многочисленные способы очистки питьевой и сточной воды, но среди них методы адсорбции с использованием природных адсорбентов просты и эффективны. Преимуществами этих методов является высокая эффективность очистки сточных вод, содержащих различные химические вещества. В литературе появляются все больше сообщений об эффективности использования природных сорбентов для удаления дисперсных примесей, ионов тяжелых металлов, нефти и нефтепродуктов, радиоактивных загрязнений подземных и надземных вод [1, 2].

В качестве сорбентов используются активированные угли, зола, шлаки, колбы, опилки, минеральные сорбенты - глины и другие. Первоначальные исследования показали, что основным недостатком природных глинистых минералов является их низкая сорбционная способность. Кроме того, вышеупомянутые сорбенты являются либо одноразовыми, либо трудными для удаления, некоторые из них являются токсичными [3,4,5].

Многие природные минералы обладают сорбционными свойствами. Цеолиты и породы, сложенные преимущественно опалом (фляга, диатомит, трепел), широко используются в качестве природных материалов, перспективных для извлечения ионов цветных и тяжелых металлов из водных растворов [6, 7].

Многолетние исследования ученых Загребского университета Кармен Маргета, Наташа Забуквец Логар, Марио Шилег и Анамария Фаркаш, использование природных цеолитов для очистки сточных вод является наиболее перспективным

[8].

Значение тяжелых металлов (Fe, Zn, Pb, Cr, Cd, Cu, и др.) в загрязненных водах бытовых и промстоков и их очистка является серьезной экологической проблемой [8, 9].

Природные сорбенты широко исследовались вместе с другими методами, в том числе химическими: ионообменная, коагуляционная флокуляция, мембранная фильтрация, площадная, адсорбционная, флотация и электрохимические методы [8]. Наши исследования природных цеолитов в качестве адсорбентов при очистке сточных вод, подтвердили их свойства и значение модификации.

Представляется весьма перспективным использование природных сорбентов, месторождения которых находятся на территории Республики Казахстан. У модифицированного сорбента эффективность адсорбционной емкости достигает 70-80%, что зависит от химического состава природного адсорбента, размера адсорбционной емкости и ее доступности, а также от химической формы его присутствия в среде.

Поэтому перспективным природным сорбентом для очистки питьевых и сточных вод промышленных предприятий и предприятий коммунального хозяйства является цеолит месторождения Майтобе в нижней части западного отрога Жетысу Алатау и бентонитовые глины месторождения Мукры области Жетысу Республики Казахстан.

Интересным направлением повышения эффективности и универсальности сорбентов на основе природных материалов является получение комбинированных сорбентов из цеолита и бентонита.

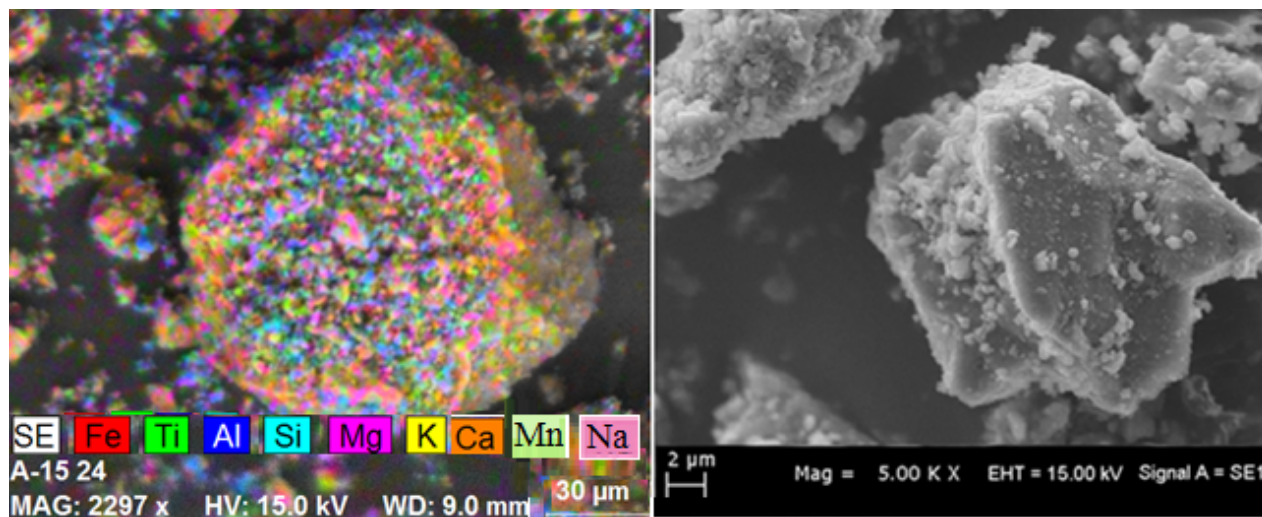
Целью исследования является получение модифицированных адсорбентов на основе цеолита, диатомита и бентонита, исследование их физико-химических параметров и сорбционных свойств, определения эффективности при очистке быто-



вых и промышленных сточных вод, способствующих обеззараживанию и умягчению воды, при этом не требующих использования дорогостоящей и сложной технологии.

**Материалы и методы.** В ходе исследования

методом количественного химического и рентгенофазного анализа, изучен химический состав цеолита Майтобинского месторождения и бентонитовой глины Мукрынского месторождения, расположенной в области Жетісу Республики Казахстан.



**Рис. 1 - Результаты рентгенофазного анализа сканирующим электронным микроскопом «EVO 50 XVP» (Carl Zeiss) с зондовой системой микроанализа «INCA Energy - 350» (Oxford Instruments), цеолита месторождения Майтобе**

По данным рентгенофазного и количественно-химического анализа цеолиты относятся к водным алюмосиликатам кальция и натрия из подкласса каркасных силикатов, со стеклянным или перламутровым блеском, известных своей способностью отдавать и вновь поглощать воду в зависимости от температуры и влажности (Рис. 1).

Исследование с использованием электронного микроскопа с увеличением до 2 мкм показало пустоты, содержащиеся в структуре цеолитной рамки. Сорбционные емкости заняты крупными ионами и молекулами  $H_2O$ , что приводит к обмену ионами и обратимости дегидратации (Рис. 1).

Кристаллическая решётка цеолита имеет тетраэдрическое строение, а центры занимают атомы кремния и алюминия, а атомы кислорода находятся на вершинах тетраэдра. Значение отрицательного заряда атомов кислорода не пополняется суммарным положительным зарядом атомов

алюминия и кремния, поэтому, тетраэдрическая кристаллическая решетка несет избыточный отрицательный заряд [10].

Внутренние полости цеолитов содержат множество катионов, в основном щелочных и щелочноземельных металлов, которые могут заменять друг друга. (Рис. 2).

Химическая формула: Цеолит месторождения Майтобе, имеет общую формулу  $(K, Na)_{4}CaAl_6Si_{30}O_{72} \cdot 24H_2O$  - кристаллический водный алюмосиликат [11, 12].

Химический состав цеолита определяли электронным микроскопом «EVO 50 XVP» (Carl Zeiss) с зондовой системой микроанализа «INCA Energy - 350» (Oxford Instruments):  $Na_2O$ - 1,9-2,3%;  $Fe_2O_3$ - 0,8-1,2%;  $Al_2O_3$ - 12,9-13,2%;  $CaO$ - 1,7-2,3%;  $K_2O$ - 4,0-4,9%; V- 0,001%; Cu-0,002%; Rb- 0,001%;  $SiO_2$ - 67,2-76,3%; Mn-0,001%; Be-0,002%; As-0,03% (Рисунок 1 и 2).

Важной особенностью цеолита месторожде-

ния Майтобе, является наличие в их структуре системы сорбционной емкости и продольных каналов, которые составляют до 54% от общего объема цеолита, что определяет его ценность как адсорбента [13].

Входные отверстия из каналов в полость цеолита, образованные кольцами атомов кислорода, являются узкими местами каналов. Эти показатели определяют адсорбционные свойства природного сорбента.

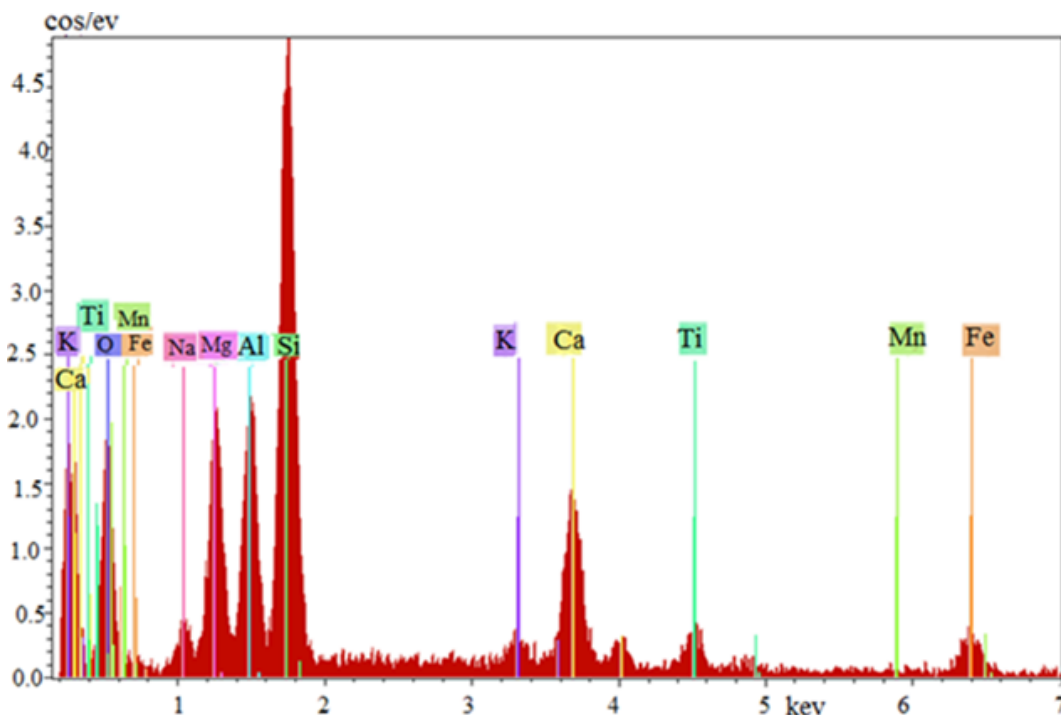


Рис. 2 - Диаграмма элементного анализа цеолита сканирующим микроскопом

Вторым компонентом природного комбинированного адсорбента является бентонит-монтмориллонит Мукрынского месторождения. Бентонит представляет собой глину с 70% содержанием высокодисперсного слоистого монтмориллонитового алюмосиликата [14].

Бентонитовые глины очищают воду от тяжелых металлов, обесцвечивают, поглощают неорганические примеси, токсичные хлорорганические соединения и различные поверхностно-активные вещества.

Химический состав бентонита:  $Al_2O_3$ -25,32%;  $SiO_2$ -53,42%; Ca-4,4%;  $Fe_2O_3$ -14,57%; Mn-0,896%; Ti-0,28%; Cl- 0,75%; Sr-0,36% [15].

Минерал содержит избыток отрицательного заряда, поэтому он компенсирует обмен катионов в межслойном пространстве монтмориллонита, что свидетельствует о высокой гидрофильности

исследуемого бентонита. При опускании бентонита в водный раствор вода проникает через межслойное пространство монтмориллонита, что вызывает гидратацию последнего, приводящее к набуханию [16].

Бентонит Мукрынского месторождения с катионным обменом  $Na^+$ , имеющую щелочную среду и относится к натриевым бентонитам.

В результате исследования качественного минералогического состава бентонита было доказано, что монтмориллонит является основным минералом природного бентонита. На бентонитовой дифрактограмме показано значение угла вершины  $2\theta$  равной 6,06; 19,78; 26,57; 35,18 и 61,98° (Рис. 3).

В рентгеновских дифракционных моделях в монтмориллоните были установлены отражения в угловом диапазоне  $2\theta$ , равном 6,06, а также 2

= 19,78° и 2<sup>θ</sup> = 26,57° минералла кристаболита, плагиоклаза, гидромики. Образована структура бентонита из интерстициальных пространств, где расстояние между слоями равен 12,77 Å.

**Результаты и обсуждение.** В 2020-2022 года из сорбентов был разработан модифицированный фильтр из бентонита, цеолита и диатомита взятых в разных процентах соотношениях (рисунок 4). (0,5 кг) (0,8 кг) (0,5 кг)

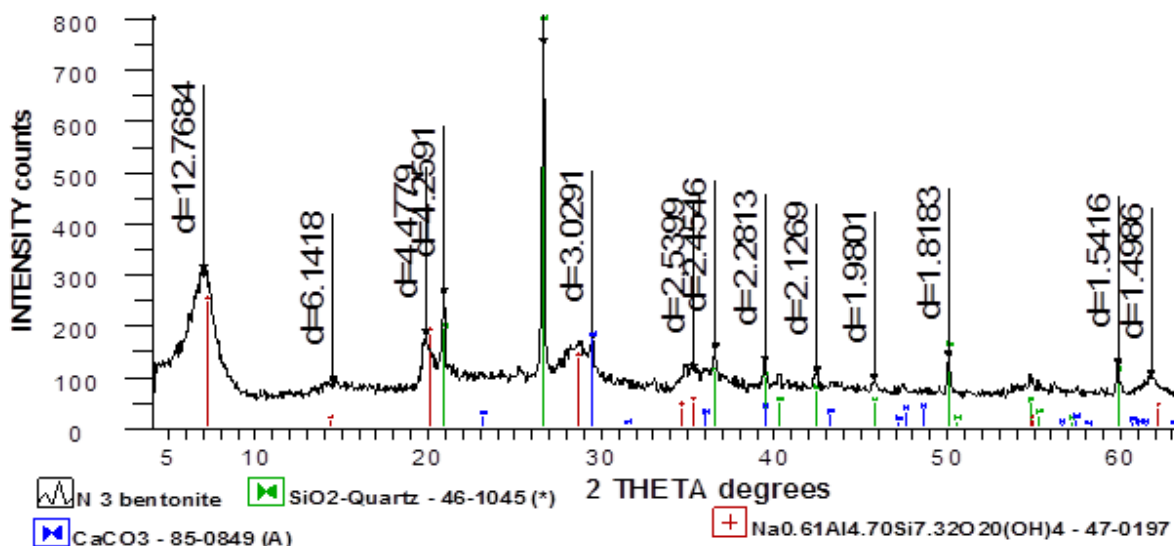


Рис. 3 - Рентгенограмма образца бентонитовой глины Мукрынского месторождения области Жетісу

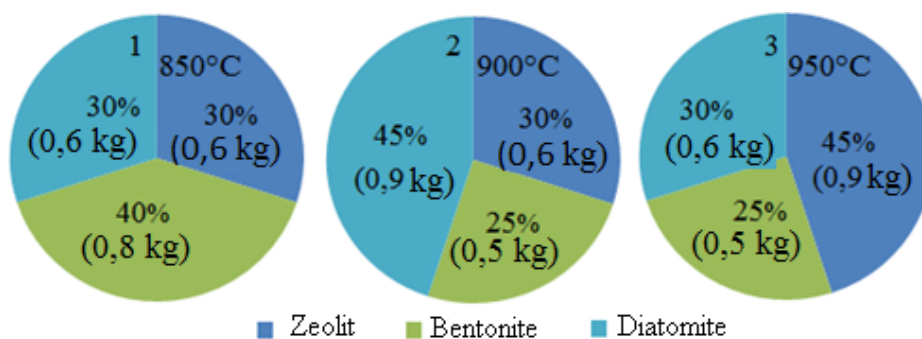


Рис. 4 - Модифицированные естественные сорбенты на основе бентонита, цеолита и диатомита, выдержанные при температуре 850С°, 900С°, 950С°

Для проверки эффективности модифицированного естественного сорбента взяли в разных процентных соотношениях, получили агламерат: 1. Бентонит 40%, цеолит 30%, диатомит 30%; 2. Бентонит 25%, цеолит 30%, диатомит 45%; 3. Бентонит 25%, цеолит 45%, диатомит 30%.

В дальнейшем из полученной массы изготовили капсулы диаметром 14-16 мм, длиной

15мм, провели кислотную активацию, используя 15 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, взятых в количестве 50 % от воздушно-сухой навески, длительность обработки составила 4 часа. В муфельной печи при температурах 850 °С С°, 900°С, 950°С градусов провели термообработку, для увеличения общей пористости. Определение пористости сорбента проводили по следующей методике. Исследу-

емые образцы кипятили с дистиллированной водой на протяжении 1,5–2,0 часов и затем проводили взвешивание.

Плотность образцов, водопоглощения и пори-

стость рассчитывали по данным таблицы 1, где:  $m_0$  — масса исследуемых образцов с подвеской в воде, г;  $m_1$  — масса влажных образцов, г;  $m_2$  — масса сухих образцов, г;  $m_3$  — масса подвески, г.

Таблица 1 - Входящие данные для расчета водопоглощения

№ опыта	Название материала, tC°	$m_0, \Gamma$	$m_1, \Gamma$	$m_2, \Gamma$	$m_3, \Gamma$
1	Бентонит 40%, цеолит 30%, диатомит 30%; t-850C°	10,0018	31,4312	19,0645	0,5923
2	Бентонит 25%, цеолит 30%, диатомит 45%; t-900C°	9,6453	29,2576	16,7312	0,4627
3	Бентонит 25%, цеолит 45%, диатомит 30%; t-950C°	9,9459	31,2057	18,1124	0,4134

Определяли оптическую плотность сорбции по метилоранжу на фотоэлектроколориметре.

В качестве контрольного раствора использовали талую воду. По полученным оптическим плотностям на основании градуировочного графика определяли остаточную концентрацию красителя. Сорбционную активность рассчитывали по формуле 1:

$$X = \frac{(C_1 - C_2K) \cdot 0.025}{m} \quad (1)$$

где  $C_1$  — концентрация исходного раствора красителя, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_2$  — концентрация раствора красителя после взаимодействия с трепелом, мг/дм<sup>3</sup>;  $K$  — коэффициент разбавления;  $m$  — масса навески комплекса, г; 0,025 — объём раствора метилоранжа, дм<sup>3</sup>.

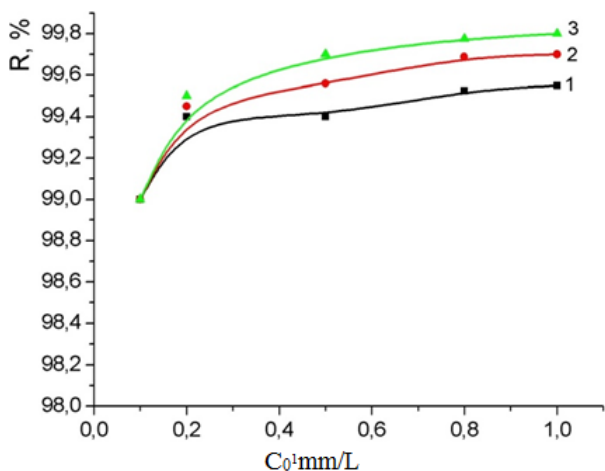


Рис. 5 - Степень очистки меди от природных сорбентов спектрофотометром JENWAY 6300. T = 298 K

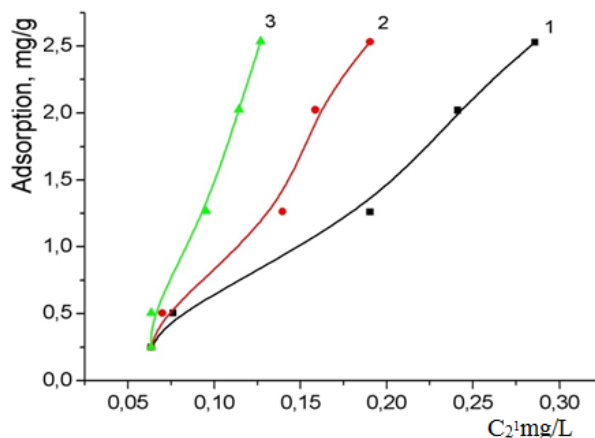


Рис. 6 - Изотермы сорбции меди комбинированных природных сорбентов спектрофотометром JENWAY 6300. T = 298K

По результатам эксперимента по адсорбции ионов меди (II) значение адсорбции было примерно одинаковым на поверхности 3 модифици-

рованных сорбентов. При максимальной концентрации меди, как видно из рисунка 1, степень очистки (экстракции) выше 99,6%. Кроме того,

кривые изотермической адсорбции в 3 компози- тах ниже, чем адсорбция при низкой концентра- ции, при повышенной концентрации кривые рез-

ко возрастают, кривые имеют S-образную форму, что относится к полимолекулярной адсорбции.

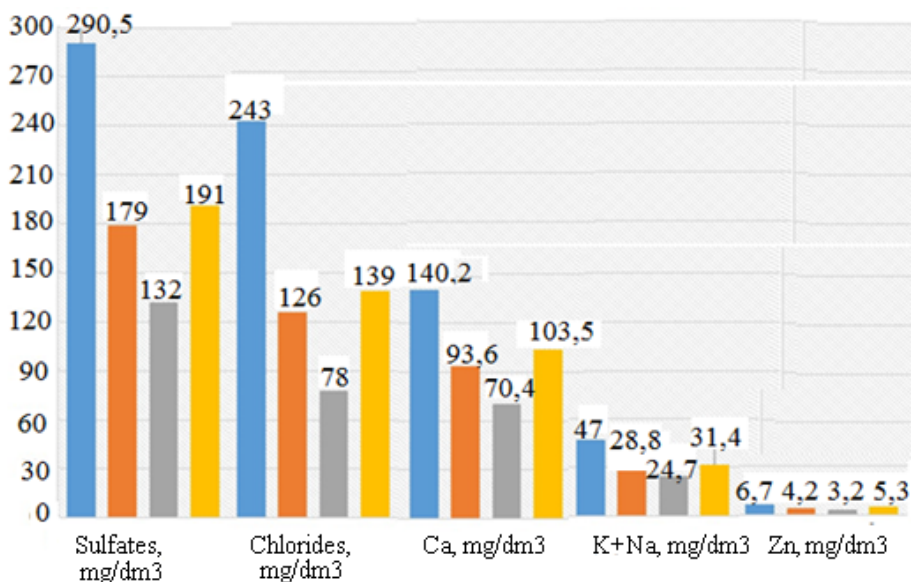


Рис. 7- Разница хлоридов, сульфатов, Ca, K, Na, Zn в неочищенной и очищенной воде

Для проверки эффективности фильтрации во- ды анализы проводились в национальной коллек- тивной исследовательской лаборатории по прио- ритетному направлению «технологии для углево- дородного и горно-металлургического секторов и смежных сервисных отраслей» акционерного общества «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» г. Алматы (Рис. 7).

Анализ результатов лабораторного исследова- ния воды показали, что содержание химических элементов в очищенных водах ниже, чем в загряз- ненных водах, их доля в трех пробах различна и соответствует санитарным нормам (Рис. 7).

По результатам лабораторного анализа проб неочищенных и очищенных воды в третьей пробе сульфаты, хлориды, бикарбонаты, F, Ca, Sr, K + Na и общая минерализация значительно ниже, чем фильтра из природных сорбентов первой и второй пробы (Рис. 7).

Фильтрация воды во второй пробе фильтра- та доля стронция снизилась на 62,5% (0,005 мг/дм³), сульфатов - на 54% (158 мг/дм³), хло- ридов - на 67,9% (165 мг/дм³), Ca - на 50% (70

мг/дм³), общая минерализация - на 59,5% (338,5 мг/дм³).

Фильтрат воды в первой фильтрационной про- бе доля стронция снизилась на 62,5% (0,035 мг/дм³), сульфатов 158 мг/дм³ или 54%, хло- ридов 165 мг/дм³ или 67,9%, Ca 70 мг/дм³ или 50%.

Анализируя результаты проведенных исследо- ваний (диаграмма 5 и 6) мы пришли к выводу, что по сравнению с первым и третьим образцами фильтра из природных сорбентов второй более эффективен.

**Выводы.** При исследовании сорбционных свойств модифицированных природных сорбен- тов трех образцов сделали следующие выводы:

1. Исследования показали предлагаемые нами модефицированные природные сорбенты наибо- лее эффективны, чем активированный уголь, зола, шлаки, фляга, опилки, они нетоксичны, отсутствуют вредные примеси и другие побочные эффекты.

2. Установлено, что наибольшая эффектив- ность адсорбции ионов тяжелых металлов наблю- дается для сорбента, выдержанного при темпера-



туре 900° С.

3. Эффективность очистки водных растворов от ионов тяжелых металлов (меди) достигает 86,1%, радионуклидов (стронций) - 66,6%, от редких металлов (кадмия) - 44,1%, от сульфатов 54%.

4. Положительным показателем сорбентов, является изменение рН, диапазон от 6,67 до 7,95 повышает эффективность адсорбции сульфатов, углеводов, хлоридов, тяжелых, редких ме-

таллов и радионуклидов из сточных вод. Таким образом, предложенный нами сорбент позволит очищать сточную воду от вредных примесей без снижения параметров очистки.

5. Полученные результаты свидетельствуют о том, что после фильтрации произошли значительные изменения в составе воды, улучшены его органолептические характеристики, запах и вкус воды, что соответствует санитарным правилам и нормам регулирования.

### Литература

1. Abidin Kaya, Ali Hakan Oren. Adsorption of zinc from aqueous solutions to bentonite // Journal of Hazardous Materials. -2005. - Vol. 125. - Iss 1–3. - P. 183-189. DOI 10.1016/j.jhazmat.2005.05.027
2. Алтынбеков Ф.Е. Гигиеническая оценка цеолитов закавказских месторождений, предлагаемых для совершенствования технологических схем обработки воды хозяйственно-питьевых водоисточников / Автореф. дисс. канд.мед. наук. – Алматы, 1985. -21 с.
3. Kaušpediene D., Kazlauskienė E., Gefeniene A., Binkienė R., Comparison of the efficiency of activated carbon and neutral polymeric adsorbent in removal of chromium complex dye from aqueous solutions // Journal of Hazardous Materials. -2010. - Vol. 179(1–3). -P. 933–939. DOI 10.1016/j.jhazmat.2010.03.095
4. Оникиенко С.Б, Земляной А.В., Смуров А.В. и др. Перспективные направления в применении водоочистительных систем на основе природных минералов // Мат. Всеармейской научн. конференции «Военно-медицинские аспекты экологического обеспечения деятельности вооруженных сил РФ», -СПб.: ВМедА, 1998.-С. 88-91
5. Bhatnagar A., Sillanpää M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—a review // Chemical Engineering Journal. -Vol. 157(2-3). -P. 277–296. DOI 10.1016/j.cej.2010.01.007
6. Khan S.A., Riaz-ur-Rehman, Khan M.A. Adsorption of chromium (III), chromium (VI) and silver (I) on bentonite // Waste Management. -1995. -Vol. 1. -Iss. 4, - P. 271-282. DOI 10.1016/0956-053X(95)00025-U
7. Jetimov M., Yessengabylov I., Maymekov Z., Tokpanov E., S. Sydykbayeva, Imangazinova Zh., Issayeva G. Sorption characteristics of zeolite and bentonite natural adsorbents modified complex // NEWS of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2020. – Vol. 4(442). -P. 165-173. DOI 10.32014/2020.2518-170X.94
8. Rozić M, Cerjan-Stefanović S, Kurajica S, Maefat MR, Margeta K, Farkas A. Decationization and dealumination of clinoptilolite tuff and ammonium exchange on acid-modified tuff // J Colloid Interface Sci. - 2005. - Vol. 284(1).48-56. DOI: 10.1016/j.jcis.2004.09.061
9. Removal of Mn<sup>2+</sup> ions from drinking water by using Clinoptilolite and a Clinoptilolite–Fe oxide system / M.K. Doula // Water Research. - 2006. -Vol. 40(17). - P. 3167–3176. DOI: 10.1016/j.watres.2006.07.013
10. Kinetic research on the sorption of aqueous lead by synthetic carbonate hydroxyapatite / H. Xu, L. Yang, P. Wang, Y. Liu, M. Peng // J. Environ. Manage. - 2008. - V. 86. - P. 319–328. DOI: 10.1016/j.jenvman.2006.12.011

11. Комарова Л.Ф. Физико-химические основы применения природных и модифицированных сорбентов в процессах очистки воды // Химия и технология воды, 1998. -Т. 20(1). -С.42-51.
12. Wang S, Peng Y Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment // Chem. Engin J. – 2010. -Vol. 156. -P.11-24.
13. L. Harutyunyan and G. Pirumyan, Purification of waters from anionic and cationic surfactants by natural zeolite // Chemistry and Biology. -2015. - Vol. 1. - P. 21–28.
14. Bourliva A., Michailidis K., Sikalidis C., Filippidis A., and Apostolidis N. Municipal wastewater treatment with bentonite from Milos Island, Greece //Bulletin of the geological society of Greece. – 2010. –Vol. 43(5). –P. 2532-2539. DOI 10.12681/bgsg.11660
15. Jetimov M., Andasbayev E., Sataeva A. Efficiency of using a complex of modified natural adsorbents for wastewater treatment. In the collection //The Europe and the Turkic World: Science, Engineering and Technology Materials of the III International Scientific-Practical Conference. - 2018. -P. 447-452.
16. Chartterjee T., Chartterjee S., and HanWoo S Enhanced coagulation of bentonite particles in water by a modified chitosan biopolymer // Chemical engineering journal. -2009. –Vol. 148. –P. 414-419. DOI 10.1016/j.cej.2008.09.016

### References

1. Abidin Kaya, Ali Hakan Oren. Adsorption of zinc from aqueous solutions to bentonite// Journal of Hazardous Materials. -2005. - Vol. 125. - Iss 1–3. - P. 183-189. DOI 10.1016/j.jhazmat.2005.05.027
2. Altynbekov F.E. Gigienicheskaya otsenka tseolitov zakavkazskikh mestorozhdenii, predlagaemykh dlya sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh skhem obrabotki vody khozyaistvenno-pit'evykh vodoistochnikov / Avtoref. diss. kand.med. nauk. – Almaty, 1985. -21 s. [in Russian]
3. Kaušpediene D., Kazlauskienė E., Gefeniene A., Binkienė R., Comparison of the efficiency of activated carbon and neutral polymeric adsorbent in removal of chromium complex dye from aqueous solutions // Journal of Hazardous Materials. -2010. - Vol. 179(1–3). -P. 933–939. DOI 10.1016/j.jhazmat.2010.03.095
4. Onikienko S.B, Zemlyanoi A.V., Smurov A.V. i dr. Perspektivnye napravleniya v primenenii vodoochistitel'nykh sistem na osnove prirodnokh mineralov // Mat. Vsearmeiskoi nauchn. konferentsii «Voenno-meditsinskie aspekty ekologicheskogo obespecheniya deyatel'nosti vooruzhennykh sil RF», -SPb.: VMedA, 1998.-S. 88-91. [in Russian]
5. Bhatnagar A., Sillanpää M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—a review // Chemical Engineering Journal. -Vol. 157(2-3). -P. 277–296. DOI 10.1016/j.cej.2010.01.007
6. Khan S.A., Riaz-ur-Rehman, Khan M.A. Adsorption of chromium (III), chromium (VI) and silver (I) on bentonite // Waste Management. -1995. -Vol. 1. -Iss. 4, - P. 271-282. DOI 10.1016/0956-053X(95)00025-U
7. Jetimov M., Yessengabylov I., Maymekov Z., Tokpanov E., S. Sydykbayeva, Imangazinova Zh., Issayeva G. Sorption characteristics of zeolite and bentonite natural adsorbents modified complex // NEWS of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2020. – Vol. 4(442). -P. 165-173. DOI 10.32014/2020.2518-170X.94
8. Rozić M, Cerjan-Stefanović S, Kurajica S, Maefat MR, Margeta K, Farkas A. Decationization and dealumination of clinoptilolite tuff and ammonium exchange on acid-modified tuff // J Colloid Interface Sci. - 2005. - Vol. 284(1).48-56. DOI: 10.1016/j.jcis.2004.09.061

9. Removal of Mn<sup>2+</sup> ions from drinking water by using Clinoptilolite and a Clinoptilolite–Fe oxide system / M.K. Doula // Water Research. - 2006. -Vol. 40(17). - P. 3167–3176. DOI: 10.1016/j.watres.2006.07.013
10. Kinetic research on the sorption of aqueous lead by synthetic carbonate hydroxyapatite / H. Xu, L. Yang, P. Wang, Y. Liu, M. Peng // J. Environ. Manage. - 2008. - V. 86. - P. 319–328. DOI: 10.1016/j.jenvman.2006.12.011
11. Komarova L.F. Fiziko-khimicheskie osnovy primeneniya prirodnykh i modifitsirovannykh sorbentov v protsessakh ochistki vody // Khimiya i tekhnologiya vody, 1998. -T. 20(1). -S.42-51. [in Russian]
12. Wang S, Peng Y Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment // Chem. Engin J. – 2010. -Vol. 156. -P.11-24.
13. L. Harutyunyan and G. Pirumyan, Purification of waters from anionic and cationic surfactants by natural zeolite // Chemistry and Biology. -2015. - Vol. 1. - P. 21–28.
14. Bourliva A., Michailidis K., Sikalidis C., Filippidis A., and Apostolidis N. Municipal wastewater treatment with bentonite from Milos Island, Greece //Bulletin of the geological society of Greece. – 2010. –Vol. 43(5). –P. 2532-2539. DOI 10.12681/bgsg.11660
15. Jetimov M., Andasbayev E., Sataeva A. Efficiency of using a complex of modified natural adsorbents for wastewater treatment. In the collection //The Europe and the Turkic World: Science, Engineering and Technology Materials of the III International Scientific-Practical Conference. - 2018. -P. 447-452.
16. Chartterjee T., Chartterjee S., and HanWoo S Enhanced coagulation of bentonite particles in water by a modified chitosan biopolymer // Chemical engineering journal. -2009. –Vol. 148. –P. 414-419. DOI 10.1016/j.cej.2008.09.016

***Сведения об авторах***

Джетимов М.А.- кандидат технических наук, преподаватель-лектор, Жетысуского университета им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан, e-mail: make\_d\_61@mail.ru;

Ыбраймжанова Л.К.- магистр технических наук, преподаватель-лектор, естественнонаучного направления Жетысуского университета им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан, e-mail: ybraimzhanova@mail.ru;

Бектенов Н.А.- доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан, профессор кафедры химии Казахского национального педагогического университета имени Абая, Алматы, Казахстан, e-mail: bekten\_1954@mail.ru;

Камбарова Э.А.- магистр химии, Таразский региональный университет им М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан, e-mail: ilmira080884@mail.ru;

Маманова С.А.- магистр, преподаватель-ассистент, Жетысуского университета им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан, e-mail: Msalta81@mail.ru

***Information about the authors***

Jetimov M.A.- Candidate of Technical Sciences, teacher-lecturer, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: make\_d\_61@mail.ru;

Ybraimzhanova L.K. - Master of Technical Sciences, teacher-lecturer, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: ybraimzhanova@mail.ru;

Bektenov N.A.- Doctor of Chemical Sciences, Professor, JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Kazakhstan, Professor of the Department of Chemistry of the Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bekten\_1954@mail.ru;

Kambarova E.A.- Master of Chemistry, M.Kh.Dulati Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan, e-mail: ilmira080884@mail.ru

Mamonova S.A.- Master's degree, lecturer-assistant of educational programs of the natural science direction of I. Zhansugurov Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: Msalta81@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ И АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЕЙ *IN VITRO* ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**<sup>1</sup>А.О. Сапиева, <sup>2</sup>М.Г. Мурзагалиева, <sup>2</sup>Н.С. Ашимхан, <sup>1</sup>А.С. Зейнульдина,<sup>1</sup>А.М. Габбасова, <sup>1</sup>Ш.А.Мадиева, <sup>1</sup>С.Б. Дюсекеева ✉<sup>1</sup>НАО «Медицинский университет Астана», Астана, Казахстан,<sup>2</sup> КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан✉ Корреспондент-автор: [dyussekeyeva.s@amu.kz](mailto:dyussekeyeva.s@amu.kz)

Данная работа посвящена сравнительному изучению содержания суммы растворимых полифенольных соединений, антиоксидантной и антирадикальной активностей экстрактов растений, произрастающих на территории Республики Казахстан. Эксперименты *in vitro* были проведены по общепринятой методике определения общего содержания фенольных соединений методом Фолина-Чокальтеу, общую антиоксидантную (восстановительную) активность определяли методом железо-восстанавливающего потенциала (FRAP-метод), антирадикальную активность методом ингибирования DPPH (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) радикала анализируемыми веществами, с использованием спектрофотометрических методов анализа. Анализ совокупности полученных данных позволяет расположить исследуемые экстракты в следующем ряду в зависимости от количества фенольных соединений и значений антирадикальной и общей антиоксидантной активностей экстрактов: Гармала>Хвош>Одуванчик>Солодка.

Выявлена выраженная положительная корреляция между содержанием фенольных соединений и всеми показателями антиоксидантных свойств протестированных фитопрепаратов. Среди исследуемых растений выделяются экстракты Гармалы и Хвоща, как демонстрирующие наиболее высокий суммарный антиоксидантный и антирадикальный потенциал. Представленные результаты являются основой для дальнейшего более детального изучения антиоксидантных, антирадикальных и гепатопротекторных свойств растительного лекарственного сырья.

**Ключевые слова:** антиоксидантная активность, антирадикальная активность, полифенольные соединения, экстракты растений, *in vitro*, флавоноиды, спектрофотометрия.

**ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНДА ӨСЕТІН ӨСІМДІК ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫ ЖӘНЕ АНТИРАДИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТІН *IN VITRO* ЗЕРТТЕУ**<sup>1</sup>А.О. Сапиева, <sup>2</sup>М.Г. Мурзагалиева, <sup>2</sup>Н.С. Ашимхан, <sup>1</sup>А.С. Зейнульдина,<sup>1</sup>А.М. Габбасова, <sup>1</sup>Ш.А.Мадиева, <sup>1</sup>С.Б. Дюсекеева ✉<sup>1</sup>КеАҚ «Астана медицина университеті», Астана, Казахстан,<sup>2</sup> С.Д. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ, Алматы, Казахстан,  
e-mail: [dyussekeyeva.s@amu.kz](mailto:dyussekeyeva.s@amu.kz)

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасының аумағында өсетін өсімдік сығындыларының еритін полифенолды қосылыстардың құрамын, антиоксиданттық және антирадиалды белсенділігін салыстырмалы зерттеуге арналған. *In vitro* эксперименттер фенолды қосылыстардың жалпы құрамын Фолин-Циокальтеу әдісімен анықтаудың жалпы қабылданған әдісін қолдану арқылы жүргізілді, жалпы антиоксиданттық (тотықсыздандырғыш) белсенділік темірді қалпына келтіру потенциалы әдісімен (FRAP әдісі), антирадиалды белсенділік DPPH тежеу әдісі (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) талдаудың спектрофотометриялық әдістерін қолдана отырып, талданатын заттар бойынша радикал. Алынған мәліметтердің жиынтық талдауы зерттелетін сығындыларды фенолдық қосылыстардың мөлшеріне және сығындылардың антирадиалды және жалпы антиоксиданттық белсенділіктерінің мәндеріне байланысты келесі қатарға орналастыруға мүмкіндік береді: Гармала>Жылқықұйрығы>Одуванчик>Мия.

Фенолдық қосылыстардың құрамы мен тексерілген шөптік препараттардың антиоксиданттық қасиеттерінің барлық көрсеткіштері арасында айқын оң корреляция анықталды. Зерттелген өсімдіктердің ішінде Хармала мен Жылқы құйрығы сығындылары ең жоғары антиоксиданттық және антирадиалды әлеуетті көрсететін ретінде ерекшеленеді. Ұсынылған нәтижелер өсімдік тектес дәрілік шикізаттың антиоксиданттық, антирадиалды және гепатопротекторлық қасиеттерін одан әрі егжей-тегжейлі зерттеуге негіз болып табылады.

**Түйін сөздер:** антиоксиданттық белсенділік, антирадикалдық белсенділік, полифенолды қосылыстар, өсімдік сығындылары, *in vitro*, флавоноидтар, спектрофотометрия.

## RESEARCH OF ANTIOXIDANT AND ANTIRADICAL ACTIVITIES *IN VITRO* OF EXTRACTS OF PLANTS GROWING ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN

<sup>1</sup>A. Sapiyeva, <sup>2</sup>M. Murzagalieva, <sup>2</sup>N. Ashimkhan, <sup>1</sup>A. Zeinuldina, <sup>1</sup>A. Gabbasova,

<sup>1</sup>Sh. Madiyeva, <sup>1</sup>S. Dyusekeyeva ✉

<sup>1</sup>Astana Medical University, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: dyussekeyeva.s@amu.kz

This work is devoted to the comparative study of the content of the sum of soluble polyphenolic compounds, antioxidant and antiradical activities of plant extracts growing in the territory of the Republic of Kazakhstan. *In vitro* experiments were carried out according to the generally accepted method for determining the total content of phenolic compounds by the Folin-Chocalteu method, the total antioxidant (reducing) activity was determined by the method of iron-reducing potential (FRAP method), antiradical activity by inhibition of the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical by the analyzed substances, using spectrophotometric analysis methods. The analysis of the totality of the data obtained allows us to place the studied extracts in the following row, depending on the number of phenolic compounds and the values of the antiradical and total antioxidant activities of the extracts: Harmala>Equisetum>Taraxacum > Liquorice.

A pronounced positive correlation was revealed between the content of phenolic compounds and all indicators of the antioxidant properties of the tested phytopreparations. Among the studied plants, extracts of Harmala and Equisetum are distinguished as demonstrating the highest total antioxidant and antiradical potential. The presented results are the basis for further more detailed study of the antioxidant, antiradical and hepatoprotective properties of herbal medicinal raw materials.

**Keywords:** antioxidant activity, antiradical activity, polyphenolic compounds, plant extracts, *in vitro*, flavonoids, spectrophotometry.

**Введение.** Внимание исследователей в качестве объектов для создания лекарственных средств привлекают природные соединения. В настоящее время лекарственные препараты с антиоксидантной активностью (АОА) широко используются в медицине для ингибирования процессов перекисного окисления [1]. Известно, что в нормальных условиях жизнедеятельности клетки постоянно присутствует определенный уровень перекисного окисления липидов, индуцированный образованием активных форм кислорода. Перекисное окисление липидов в клетке поддерживается на постоянном уровне благодаря

многоуровневой антиоксидантной системе защиты [2]. Высокой антиоксидантной активностью характеризуются аскорбиновая кислота, каротиноиды, вещества полифенольной природы, которые содержатся в различных соотношениях в растительном сырье и их экстрактах [3]. В природе есть более сильные антиоксиданты это, флавоноиды и ароматические гидроксикислоты растительного происхождения. Более 2 % от общего количества органического углерода, полученного в результате фотосинтеза в растениях, участвует в образовании флавоноидов или других полифенолов [4]. Перспективы разработки



новых и эффективных фитопрепаратов связаны с поиском антиоксидантов, действующих на данные процессы, поэтому поиск новых веществ с АОА во многих случаях проводится в ряду флавоноидов, представляющих собой многочисленную группу природных полифенолов. В настоящее время единичны случаи применения отдельных флавоноидов, несмотря на их широкое разнообразие, а также возобновляемость источников их получения. Выделение флавоноидов из растительного сырья Казахстана с их последующей химической модификацией, установление строения полученных производных и изучение их АОА в настоящее время является весьма актуальным вопросом [5].

Казахстан располагает уникальными запасами растений дикорастущих видов, обладающих лекарственными свойствами, значительная часть которых перспективна для исследований их химического состава и биологической активности. В связи с этим очень актуальна задача разработки и внедрения в производство фитопрепаратов и разработка научно-обоснованного алгоритма рационального использования растительных богатств.

Как известно важным показателем биологической активности природных соединений растительного происхождения является их разнообразие. В первую очередь, это связано со структурным разнообразием природных соединений, а также с тем, что каждое соединение способно воздействовать на множество структурных и функциональных систем клетки и организма в целом [6]. В настоящее время многие антиоксидантные и гепатопротекторные препараты, применяемые в клинической практике, являются синтетическими, вызывают аллергические реакции и обладают выраженными кумулятивными свойствами. Именно это обстоятельство обуславливает актуальность в фармакотерапии и профилактике заболеваний "свободнорадикальной патологии" применение лекарственных средств растительного происхождения, влияние которых вызвано синергизмом действия таких основных классов природных соединений как полифенолы, алкалоиды, аминифенолоксиды, витамины и другие вещества [7]. В связи с вышеуказанным

исследование антиоксидантной, антирадикальной и гепатопротекторной активности веществ растительного происхождения, а также определение возможности взаимосвязи между данными свойствами приобретают актуальность и востребованность для медицины.

Как известно наиболее обширной группой фенольных соединений растительного сырья являются флавоноиды. Большинство флавоноидов оказывают на организм человека капилляроукрепляющее, противовоспалительное и противоопухолевое действие [8]. Анализ литературных сведений об исследуемых растениях показал, что одними из основных биологически активных веществ, определяющих многие их терапевтические свойства, являются фенольные соединения. Основу комплексов составляют один или несколько классов фенольных соединений: фенольные кислоты, фенилпропаноиды, флавоноиды, танины [9]. Фенольные соединения – одна из важнейших групп природных антиоксидантов [10]. По своей активности они опережают такие мощные антиоксиданты, как витамины С, Е и бета-каротин. Появляется все больше доказательств их протекторной активности в отношении множества неинфекционных заболеваний человека.

*Цель работы:* сравнительное изучение содержания суммы растворимых полифенольных соединений, антиоксидантной (АОА) и антирадикальной активностей экстрактов эндемичных растений Казахстана *in vitro* с помощью современных спектрофотометрических методов.

**Материалы и методы:** Объектами исследования были выбраны водные растительные экстракты солодки, хвоща, одуванчика и гармалы, широко распространенных на территории Казахстана. В таблице 1 приведен химический состав и полезные свойства данных растений.

Эксперименты *in vitro* были проведены по общепринятой методике Фолина-Чокальтеу, железо - восстанавливающего потенциала (FRAP) и ингибированием DPPH (1,1-дифенил-2-пикрилгидразил) радикала анализируемыми веществами с использованием спектрофотометрических методов анализа.

Таблица 1- Химический состав и полезные свойства экстрактов растений

Растение	Химический состав надземной части в %	Полезные свойства
Хвощ Equisetum	алкалоиды (эквизетин, никотин, 3-метоксипиридин), сапонин эквизетонин, флавоноиды, органические кислоты (аконитовая, яблочная, щавелевая), жирное масло, эфирное масло, большое количество солей кремниевой кислоты, растворимых в органических соединениях, горечи, дубильные вещества, смолы и полиоксиантрахиноновые соединения. Найдены также небольшие количества аскорбиновой кислоты и каротина.	Мочегонное, кровоостанавливающее, противовоспалительное, способствует выведению свинца из организма. У животных с экспериментальным аллоксановым диабетом при введении 20% настоя хвоща полевого снижается уровень глюкозы на 9,3%. противовоспалительное, антимикробное, цитотоксическое действие.
Одуванчик Taraxacum	тритерпеновые соединения: таракастерол, тараксерол, псевдотаракастерол, β-амирин; стерины: β-ситостерин, стигмастерин, тараксол; углеводы: до 40 % инулина; жирное масло, в состав которого входят глицериды пальмитиновой, мелиссовой, линолевой, олеиновой, церотиновой кислот; каучук, белки	спазмолитическое, слабительное действие, повышают кислотность желудочного сока, противовоспалительное, противоопухолевое, гепатопротективное, антиатеросклеротическое, мочегонное, гипогликемическое, терапевтическое воздействие при гастритах и язвенной болезни желудка.
Гармала Reganum harmala	алкалоиды, производные хиназолина и индола. В том числе –гармалин, гармин (банистерин), гармалол и L-пеганин (вазидин), пегамин, пеганол, дезоксипеганин, пеганидин (в траве) и др.	ингибирующее, противоопухолевое, антикоагулянтное, гипотензивное, антидиабетическое, антибактериальное, противовирусное, противовоспалительное, антипаразитарное, антидепрессантное, нейропротективное
Солодка Glycyrrhiza glabra	тритерпеновый сапонин глицирризин, флавоноиды, флавонолы, халконы, большое количество сахара, крахмала, слизи, аскорбиновой кислоты, стероидов, алкалоидов, эфирных масел, жироподобных, дубильных, смолистых, пектиновых, белковых и других веществ	адаптогенное, противовоспалительное, противоаллергическое, стимулирующее кору надпочечников, детоксицирующее, противовирусное, повышающее защитные свойства слизистой желудочно-кишечного тракта, отхаркивающее, нормализующее уровень глюкозы в крови, нормализующее баланс эстрогенов.

1. *Определение содержания растворимых полифенолов по методу Фолина-Чокальтеу.* Данный метод основан на реакции полифенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу [10]. Реактив состоит из солей фосфорновольфрамовой и фосфорномолибденовой кислот. В основе данного метода лежит механизм реакция восстановления фенолов фосфорномолибденовым кислотным реагентом. Фенольные соединения окисляются в щелочной среде с образованием супероксид иона, который, в свою очередь, при взаимодействии с молибдатом аммония образует оксид молибдена, который имеет интенсивное поглощение при 725нм. 5мг вещества (экстракта) растворяем в 5мл 90 % спирта. Затем готовится раствор реактива Фолина-Чокальтеу по следующей схеме: 10мл реактива Фолина-Чокальтеу наливаем в мерный цилиндр и доводим дистиллированной водой до 100 мл. В 3 пробирки наливаем по 1мл экстракта и добавляем по 5 мл разведенного реактива Фолина-Чокальтеу. В эти же пробирки добавляем по 4 мл  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (7,5%). Выдерживаем растворы в течение 60 минут при комнатной температуре. По истечению времени с помощью спектрофотометра измеряем оптическую плотность при 765 nm. Содержание полифенольных соединений рассчитывали по эквиваленту вещества – стандарта галловой кислоты (ГК).

1. *Определение железо-восстанавливающего потенциала [FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power assay)].* К 1 мл исследуемых экстрактов в диапазоне концентраций 0-1мг/мл добавляется 2,5 мл фосфатного буфера (0,2М, рН 6,6) и 2,5 мл 1% раствора гексацианоферрата (III) калия. Реакционная смесь инкубируется в течение 25 минут при температуре 50<sup>0</sup>С, реакция останавливается добавлением 2,5 мл 10% раствора трихлоруксусной кислоты. Смесь центрифугируют 3 минуты (1,5 оборотов/мин). Верхний слой объемом 2,5 мл смешивается с 2,5 мл, дистиллированной воды и 0,5 мл 0,1 %  $\text{FeCl}_3$ . Измерение оптической плотности производится при  $\lambda=700\text{nm}$ . Для сравнения использовали вещество стандарт аскорбиновая кислота (АК).

1. *Ингибирование DPPH (1,1-дифенил-2-*

*пикрилгидразил) радикала анализируемыми веществами.* Аликвоту исследуемого образца, в диапазоне концентраций 0,01-1 мг/мл, (0,1 мл) добавляли к 3 мл  $6 \times 10^{-5}\text{M}$  этанольного раствора радикала. После интенсивного перемешивания растворы оставлялись в темноте на 30 минут. Изменение оптической плотности регистрировали при  $\lambda=520$  нм. (Стандарт – Butylatedhydroxyanisole). Значения АРА определяли по формуле:

$$\text{АРА (\%)} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \cdot 100.$$

**Результаты и обсуждения.** По результатам анализа количественного содержания полифенольных соединений в растительных экстрактах было установлено, что экстракт Солодки, обладает наибольшей концентрацией полифенольных веществ, а у остальных видов растительных экстрактов разница по содержанию полифенольных соединений сравнительно небольшая. Например, Солодка содержит  $0,4563 \pm 0,005$  мг/мл галловой кислоты, а Одуванчик  $0,4583 \pm 0,01$  мг/мл. Можно отметить, что эти два вида проявляют почти одинаковые антиокислительные свойства. В свою очередь Хвощ содержит  $0,5228 \pm 0,02$  мг/мл галловой кислоты соответственно, а наиболее наибольшим показателем обладает экстракт Гармала  $0,7041 \pm 0,01$  мг/мл соответственно. Из этого мы можем сделать вывод о следующей последовательности возрастания антиокислительных свойств экстрактов - Солодка < Одуванчик < Хвощ < Гармала. Таким образом, в данном ряду можно выделить в качестве перспективных антиоксидантов 2 вида растительных экстрактов – это Хвощ и Гармала. Полученные данные приведены в таблице 2.

С целью сравнительного анализа и повышения достоверности определения нами выполнено исследование возможности наличия взаимосвязи между величинами оптической плотности и концентрациями водных растворов всех изученных растительных экстрактов. Нами было установлено, что увеличение значения оптической плотности указывает на рост восстановительного потенциала, то есть является показателем антиоксидантного свойства [11-12]. Из полученных результатов наибольшие значения восстанови-

тельного потенциала по FRAP-методу наблюдаются у экстракта гармалы по эквиваленту к аскорбиновой кислоте. Если сравнить экстракты между собой, то наибольшим потенциалом об-

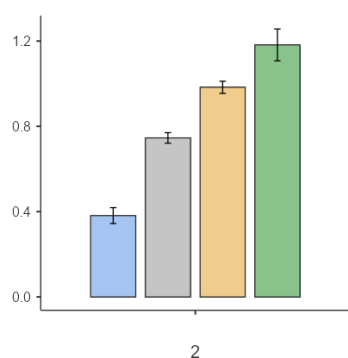
ладают гармала и хвощ, а наименьшими значениями восстановительного потенциала обладают одуванчик и солодка. Полученные данные исследования приведены в таблице 3.

**Таблица 2 - Содержание полифенольных соединений в исследуемых экстрактах**

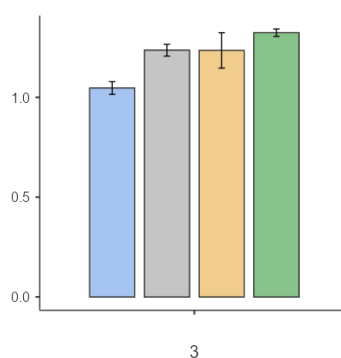
№	Экстракты	Содержание полифенольных соединений по эквиваленту галловой кислоты (ГК) при концентрации экстракта 1 мг/мл
1	Солодка	0,4563 ± 0,01
2	Хвощ	0,5228 ± 0,02
3	Одуванчик	0,4583 ± 0,005
4	Гармала	0,7041 ± 0,01

**Таблица 3. Зависимость оптической плотности от концентрации растительных экстрактов. ААЕ – ascorbic acid equivalents (AAE)/mL**

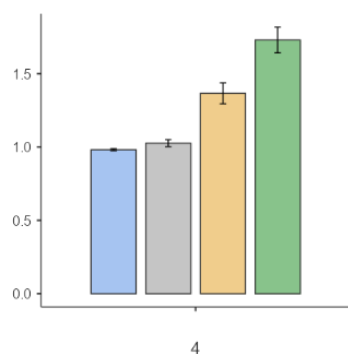
№	Название	AAE/mL (M±SD)			
		0.25 мг/мл	0.5 мг/мл	0.75 мг/мл	1.0 мг/мл
1	Солодка	0.38 ± 0.064	0.75 ± 0.043	0.98 ± 0.049	1.18 ± 0.129
2	Хвощ	1.05 ± 0.055	1.24 ± 0.051	1.23 ± 0.153	1.32 ± 0.032
3	Одуванчик	0.98 ± 0.012	1.03 ± 0.041	1.37 ± 0.125	1.73 ± 0.153
4	Гармала	1.10 ± 0.050	1.73 ± 0.112	1.77 ± 0.681	1.79 ± 0.878
5	Аскорбиновая кислота	1,925	2,284	2,257	2,316



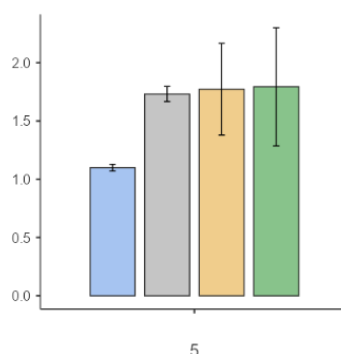
Солодка  
 0.25 vs 0.5  
 $p = 0.002$   
 0.25 vs 0.75  
 $p < 0.001$   
 0.25 vs 1.0  
 $p < 0.001$   
 0.5 vs 0.75  
 $p = 0.026$   
 0.5 vs 1.0  
 $p < 0.001$



Хвощ  
 0.25 vs 1.0  
 $p = 0.019$



Одуванчик  
 0.25 vs 0.75  
 $p = 0.007$   
 0.25 vs 1.0  
 $p < 0.001$   
 0.5 vs 0.75  
 $p = 0.014$   
 0.5 vs 1  
 $p < 0.001$   
 0.75 vs 1.0  
 $p = 0.010$



Гармала

1 – 0.25 мг/мл, 2 – 0.5 мг/мл, 3 – 0.75 мг/мл, 4 – 1.0 мг/мл

Рис. 1 - Статистический метод: ANOVA с Tukey Post-Нос Test Доза-зависимый эффект

По результатам данной таблицы с использованием статического метода составлены диаграммы на рисунке 1, показывающие АОА экстрактов различных видов растений по эквиваленту к аскорбиновой кислоты.

Для оценки АРА указанных объектов применен метод ингибирования DPPH анализируемыми веществами. Антирадикальный эффект исследуемого объекта проявляется в уменьшении оптической плотности раствора DPPH, обусловленного переходом радикала DPPH в нерадикальную форму в результате антирадикального действия исследуемого вещества. Показателем антирадикального свойства в данной методике

является величина АРА, поэтому для объяснения механизма действия конкретного объекта необходимо знание химической структуры соединения. В таблице 4 приведены данные исследования зависимости антирадикальной активности от концентрации исследуемых образцов по отношению к ВНА. Изучение антирадикального эффекта экстрактов выявило, что гармала обладает выраженной активностью, однако ниже антиоксидантного эффекта ВНА, в свою очередь экстракты солодки, хвоща и одуванчика проявляют активность ниже, чем вещество стандарт, и с повышением концентрации активность соответственно понижается.

Таблица 4 - Зависимость АОА (%) от концентрации растворов

Экстракт	0,25 мг/мл	0,5 мг/мл	0,75 мг/мл	1 мг/мл
Солодка ( <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.)	65,9	67,8	66,3	63,5
Хвощ ( <i>Equisétum arvense</i> L.)	62,8	61,7	52,2	41,3
Одуванчик ( <i>Taraxacum officinale</i> Wigg)	72,5	72,8	71,2	71,5
Гармала ( <i>Péganum hármala</i> L.)	73,2	79,7	80,4	75,4
ВНА	83,7	81,3	80,9	80,7

### Выводы.

1. Установлено, что наибольшее содержание полифенольных соединений по эквиваленту галловой кислоты имеет место с незначительной долей в экстрактах Солодки и Одуванчика, поэтому эти объекты можно рекомендовать для дальнейшего изучения на биологическую активность *in vivo*.

2. FRAP-методом определено, что по сравнению с Солодкой наибольшим потенциалом

обладает экстракт Гармалы.

3. Изучение антирадикального эффекта экстрактов выявило, что Гармала обладает выраженной активностью, однако ниже антиоксидантного эффекта ВНА.

На основе полученных данных мы считаем, что экстракты указанных видов растений могут найти применение в качестве антиоксидантов и представляют интерес для изучения антирадикальной активности и антиоксидантного действия *in vivo*.

### Литература

1. Adom, M. B., Taher, M., Mutalabisin, M. F., Amri, M. S., Abdul Kudos, M. B., Wan Sulaiman, M. W. A., Susanti, D. Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major* // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. - 2017. –Vol. 96. –P. 348–360. DOI: 10.1016/j.biopha.2017.09.152
2. Нукебай, А.К. Применение экстрактов, выделенных из корней солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) // *Молодой ученый*. - 2021. - № 18 (360). - С. 75-77. URL: <https://moluch.ru/archive/360/80637>



3. Nile S.H., Keum Y.S., Nile A.S., Jalde S.S., Patel R.V. Antioxidant, anti-inflammatory, and enzyme inhibitory activity of natural plant flavonoids and their synthesized derivatives // J. Biochem. Mol. Toxicol. 2018. V. 32. № 1. DOI 10.1002/jbt.22002
4. K. Paulpriya, M. Packia Lincy, P.S. Tresina, V.R. Mohan. In vitro Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Flavonoid Contents of Aerial Part Extracts of *Daphniphyllum neilgherrense* (WT) Rosenth // J. Bio. Innov.- 2015. –Vol. 4(6). - P. 257-268.
5. Адекенова А.С., Тулеуова Г.Х., Нохманн J., Адекенов С.М. Фармакогностическое изучение сырья *Chartolepis intermedia* Boiss. и *Peganum harmala* L. // Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская. - 2016. - № 2(314). - С. 200-204.
6. Ботиров Э.Ж., Боначева В.М., Коломиц Н.Э. Химический состав и биологическая активность метаболитов растений рода *EQUISETUM* L // Химия растительного сырья. – 2021. - № 1. -С. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.2021017760.
7. Теселкин Ю.О., Бабенкова И.В., Какорин П.А. Антиоксидантная активность биологически активных веществ водных извлечений караганы гривастой (*Caragana Jubata* (Pall.) // Сборник научных трудов съезда биофизиков России: в 2 томах, том 2. - Краснодар, 2019. - С. 262-263.
8. Grauso L., De Falco B., Lanzotti V., Motti R. Stinging nettle, *Urtica dioica* L.: botanical, phytochemical and pharmacological overview // Phytochemistry Reviews. – 2020. -Vol. 19. -P. 1341–1377. DOI:10.1007/s11101-020-09680-x
9. Иванова А.В., Газизуллина Е.Р., Попова К.Г., Матерн А.И. Исследование антиоксидантной активности и суммарного содержания полифенолов лекарственного растительного сырья // Журн. аналит. химии. - 2017. -Т. 72. -№ 4. -С. 363-368. DOI: 10.7868/S0044450217040053
10. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение // Химия растительного сырья. – 2021. - № 2. - С. 291-299. DOI: 10.14258/jcprm.2021028250
11. Казбекова А.Т., Атажанова Г.А., Сейтеметов Т.С., Сейтеметова А.Ж., Болатов А.К., Адекенов С.М. Оценка антиоксидантной и антирадикальной активности *in vitro* экстрактов растений Казахстана//Вестник ЗКГМУ им. М. Оспанова.-2017.- №1. – С. 233-235.
12. Sapiyeva A.O., Kazbekova A.T., Madiyeva Sh.A., Kenzheshova A.K., Baysarov G.M., Seytembetov T.S., Adekenov S. M. Correlation of indicators of independent methods for determining the antioxidant activity of bioflavonoids//International Multidisciplinary Medical Science Journal. -2020.-Vol.1 -№1. - P.14-20. Stinging nettle, *Urtica dioica* L.: botanical, phytochemical and pharmacological overview

### References

1. Adom, M. B., Taher, M., Mutalabisin, M. F., Amri, M. S., Abdul Kudos, M. B., Wan Sulaiman, M. W. A., Susanti, D. Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major* // Biomedicine & Pharmacotherapy. - 2017. –Vol. 96. –P. 348–360. DOI 10.1016/j.biopha.2017.09.152
2. Nukebai, A.K. Primenenie ekstraktov, vydelennykh iz kornei solodki goloi (*Glycyrrhiza glabra* L.) // Molodoi uchenyi. - 2021. - № 18 (360). - S. 75-77. URL: <https://moluch.ru/archive/360/80637> [in Russian]
3. Nile S.H., Keum Y.S., Nile A.S., Jalde S.S., Patel R.V. Antioxidant, anti-inflammatory, and enzyme inhibitory activity of natural plant flavonoids and their synthesized derivatives // J. Biochem. Mol. Toxicol. 2018. V. 32. № 1. DOI 10.1002/jbt.22002
4. K. Paulpriya, M. Packia Lincy, P.S. Tresina, V.R. Mohan. In vitro Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Flavonoid Contents of Aerial Part Extracts of *Daphniphyllum neilgherrense* (WT) Rosenth // J.

Bio. Innov.- 2015. –Vol. 4(6). - P. 257-268.

5. Adekenova A.S., Tuleuova G.Kh., Hohmann J., Adekenov S.M. Farmakognosticheskoe izuchenie syr' ya *Chartolepis intermedia* Boiss. i *Peganum harmala* L. // *Izvestiya NAN RK. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya*. - 2016. - № 2(314). - S. 200-204. [in Russian]
6. Botirov E.Zh., Bonacheva V.M., Kolomits N.E. Khimicheskii sostav i biologicheskaya aktivnost' metabolitov rastenii roda *EQUISETUM* L // *Khimiya rastitel' nogo syr' ya*. -2021. -№ 1. -S. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.2021017760 [in Russian]
7. Teselkin Yu.O., Babenkova I.V., Kakorin P.A. Antioksidantnaya aktivnost' biologicheski aktivnykh veshchestv vodnykh izvlechenii karagany grivastoi (*Caragana Jubata* (Pall.) // *Sbornik nauchnykh trudov s'ezda biofizikov Rossii: v 2 tomakh, tom 2*. - Krasnodar, 2019. - S. 262-263. [in Russian]
8. Grauso L., De Falco B., Lanzotti V., Motti R. Stinging nettle, *Urtica dioica* L.: botanical, phytochemical and pharmacological overview // *Phytochemistry Reviews*, 2020, vol. 19, pp. 1341–1377. DOI:10.1007/s11101-020-09680-x
9. Ivanova A.V., Gazizullina E.R., Popova K.G., Matern A.I. Issledovanie antioksidantnoi aktivnosti i summarnogo sodержaniya polifenolov lekarstvennogo rastitel' nogo syr' ya // *Zhurn. analit. khimii*. - 2017. -Т. 72. -№ 4. -S. 363-368. DOI: 10.7868/S0044450217040053 [in Russian]
10. Nikolaeva T.N., Lapshin P.V., Zagorskina N.V. Metod opredeleniya summarnogo soedrzhaniya v rastitel' nykh ekstraktakh s reaktivom Folina-Denisa i reaktivom Folina-Chokal' teu: modifikatsiya i sravnenie // *Khimiya rastitel' nogo syr' ya*. – 2021. - № 2. - S. 291-299. DOI: 10.14258/jcprm.2021028250 [in Russian]
11. Kazbekova A.T., Atazhanova G.A., Seitembetov T.S., Seitembetova A.Zh., Bolatov A.K., Adekenov S.M. Otsenka antioksidantnoi i antiradikal' noi aktivnosti in vitro ekstraktov rastenii Kazakhstana//*Vestnik ZKGMU im. M. Ospanova*.-2017.- №1. – S. 233-235. [in Russian]
12. Sapiyeva A.O., Kazbekova A.T., Madiyeva Sh.A., Kenzheshova A.K., Baysarov G.M., Seytembetov T.S., Adekenov S. M. Correlation of indicators of independent methods for determining the antioxidant activity of bioflavonoids//*International Multidisciplinary Medical Science Journal*. -2020.-Vol.1 -№1. - P.14-20.

#### *Сведения об авторах*

Сапиева А.О. - кандидат химических наук, доцент, НАО «Медицинский университет Астана», Астана, Казахстан, e-mail: sapieva.a@amu.kz;

Мурзагалиева М.Г. - кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Алматы, Казахстан, e-mail: m\_murzagaliyeva@mail.ru;

Ашимхан Н.С. - кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Алматы, Казахстан, e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru;

Зейнульдина А.С. - кандидат химических наук, доцент, Астана, Казахстан, e-mail: zeinuldina.a@amu.kz;

Габбасова А.М. - кандидат химических наук, доцент, Астана, Казахстан, e-mail: gabbasova.a@amu.kz;

Мадиева Ш.А. - магистр агрохимии и почвоведения, старший преподаватель, Астана, Казахстан, e-mail: sharapat.828486@gmail.com;

Дюсекеева С.Б. – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры общей и биологической химии, НАО «Медицинский университет Астана», Астана, Казахстан, e-mail: dyussekeyeva.s@amu.kz.

#### *Information about authors*

Sapiyeva A. - Candidate of Chemical Sciences, Docent, Astana, Kazakhstan, e-mail: sapieva.a@amu.kz;

Murzagaliyeva M. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m\_murzagaliyeva@mail.ru;

Ashimkhan N.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, , Almaty, Kazakhstan, e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru;

Zeinuldina A. - Candidate of Chemical Sciences, Docent, Astana, Kazakhstan, e-mail: zeinuldina.a@amu.kz;

Gabbasova A. - Candidate of Chemical Sciences, Docent, Astana, Kazakhstan, e-mail: gabbasova.a@amu.kz;

Madiyeva Sh.- Master of Agrochemistry and Soil Science, Senior Lecturer, Astana, Kazakhstan, e-mail: sharapat.828486@gmail.com;

Dyussekeyeva S.- Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Astana, Kazakhstan, e-mail: dyussekeyeva.s@amu.kz.

## ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА С УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ

Е.Г.Гиладжов, Д.К.Кулбатыров<sup>✉</sup>, М.Д.Уразгалиева, А.Е.Законова, К.Р.Максот

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева», Атырау, Казахстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: [dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)

Возрастание спроса на нефтегазовые продукты и их использование вызывает различные серьезные экологические проблемы в мире. Основную часть химического загрязнения окружающей среды составляют выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. В результате физико-механических процессов, происходящих в цилиндрах двигателя, выделяются комплексные соединения, состоящие из нескольких токсичных компонентов. Современным автомобилям требуется высокооктановое топливо с антидетонационными свойствами, характеризующееся октановыми числами двигателя 92, 95 и 98. Высокие антидетонационные характеристики достигаются либо путем глубокой модификации бензинов с использованием процессов каталитического крекинга, изомеризации, алкилирования, либо путем введения в топливо специальных высокооктановых присадок. В настоящее время бензин занимает одно из ведущих мест среди источников энергии первичного производства. Потребность человечества в нем, в его высоком качестве, больше, чем в любой другой фракции углеводородов. Поэтому к эксплуатационным свойствам автомобильного бензина предъявляются очень высокие требования, и проблема повышения качества бензина является одной из актуальных проблем химической промышленности.

В представленной работе было испытано влияние оксигенатов метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и диметилэтинилкарбинола (ДМЭК) на повышение октанового числа бензина с установки замедленного коксования (УЗК). Результаты исследования показали, что повышение октанового числа бензина УЗК при добавлении ДМЭК и бинарной МТБЭ+ДМЭК присадки выше, чем при добавлении МТБЭ. По результатам исследований можно предположить, что, третичный ацетиленовый спирт – ДМЭК можно применить в качестве эффективной кислородсодержащей добавки для автомобильных бензинов. Применение ДМЭК может расширить ресурсы высокооктановых компонентов, снизить токсичность бензинов и отработанных газов. Позволит увеличить выпуск высококачественного товарного бензина для автомобильных двигателей.

**Ключевые слова:** бензин установки замедленного коксования; оксигенат; октановое число; диметилэтинилкарбинол; метил-трет-бутиловый эфир; эффективность; детонация.

## БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРУҒА АРНАЛҒАН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Е.Г.Гиладжов, Д.К.Кулбатыров<sup>✉</sup>, М.Д.Уразгалиева, А.Е.Законова, К.Р.Максот

«С.Утебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Атырау, Қазақстан,  
e-mail: [dkkd@mail.ru](mailto:dkkd@mail.ru)

Мұнай-газ өнімдеріне сұраныстың артуы және оларды пайдалану әлемдегі әртүрлі экологиялық мәселелерді тудырады. Қоршаған ортаның химиялық ластануының негізгі бөлігі ішкі жану қозғалтқыштарының газдары болып табылады. Қозғалтқыш цилиндрлерінде болатын физика-механикалық процестердің нәтижесінде бірнеше улы компоненттерден тұратын күрделі қосылыстар бөлінеді. Қазіргі заманғы автомобильдерге қозғалтқыштарының детонацияға қарсы қасиеттері бар октандық сандарымен сипатталатын 92, 95 және 98 жоғары октанды отын қажет. Детонацияға қарсы жоғары өнімділікке каталитикалық крекинг, изомерлеу, алкилдеу процестерін қолдана отырып, бензиндерді терең түрлендіру арқылы немесе отынға арнайы жоғары октанды қоспаларды енгізу арқылы қол жеткізіледі. Қазіргі уақытта бензин бастапқы өндірістің энергия көздері арасында жетекші орындардың

бірін алады. Адамзатқа бензиннің жоғары сапасына деген қажеттілігі, көмірсутектердің басқа фракцияларына қарағанда көбірек. Сондықтан автомобиль бензинінің пайдалану қасиеттеріне өте жоғары талаптар қойылады және бензин сапасын арттыру мәселесі химия өнеркәсібінің өзекті мәселелерінің бірі болып табылады.

Ұсынылған жұмыста метил-*терт*-бутил эфирі (МТБЭ) және диметилэтинилкарбинол (ДМЭК) оксигенаттарының баяу кокстеу қондырғысынан (БКҚ) бензиннің октан санының жоғарылауына әсері сыналды. Зерттеу нәтижелері ДМЭК және бинарлы МТБЭ+ДМЭК қосқанда БКҚ октан санының жоғарылауы МТБЭ қосқанға қарағанда жоғары екенін көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша үшінші реттік ацетилен спирті – ДМЭК автомобиль бензиндері үшін тиімді оттегі бар қоспа ретінде қолданыла алады деп болжауға болады. ДМЭК қолдану жоғары октанды компоненттердің ресурстарын кеңейтіп, бензиндер мен пайдаланылған газдардың уыттылығын төмендетуі мүмкін. Автомобиль қозғалтқыштары үшін жоғары сапалы тауарлық бензин шығаруды ұлғайтуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** баяу кокстеу қондырғысының бензині; оксигенат; октан саны; диметилэтинилкарбинол; метил-трет-бутилды эфирі; тиімділік; детонация.

#### EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF GASOLINE FROM DELAYED COKING UNIT

Y.G.Gilazhov, D.K.Kulbatyrov<sup>✉</sup>, M.D.Urazgalieva, A.E.Zakonova, K.R.Maksot

Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan,  
e-mail: dkkd@mail.ru

The growth in demand and use of oil and gas products is the cause of a number of serious environmental problems around the world. The main source of chemical pollution in the environment is gases from internal combustion engines. As a result of the physical and mechanical processes that take place in the cylinders of the engine, complex compounds made up of a number of toxic components are released. Modern cars require high octane fuel with antidetonation properties, characterized by engine octane numbers of 92, 95 and 98. High antidetonation properties are achieved either by deep modification of petrol using catalytic cracking, isomerization and alkylation processes, or by adding special high-octane additives to the fuel. Today, gasoline is one of the most important primary energy sources. More than any other hydrocarbon fraction, humanity needs high quality gasoline. Therefore, very high demands are placed on the operational properties of motor gasoline. The problem of improving the quality of gasoline is one of the most pressing problems of the chemical industry.

In the present work, the influence of methyl tert-butyl ether oxygenates (MTBE) and dimethyl ethynyl carbinol (DMEC) on the increase of the octane number of gasolines from a delayed coking unit (DCU) has been tested. The results of the study showed that the increase in octane number of DCU petrol when DMEC and binary MTBE+DMEC additives were added was higher than that when MTBE was added. It can be concluded that tertiary acetylene alcohol - DMEC can be used as an effective oxygenating additive for automotive gasoline based on the research results. The use of DMEC can expand the resources of high-octane components, reduce the toxicity of gasoline and exhaust gases. It will increase the output of high-quality commercial gasoline for automobile engines.

**Keywords:** delayed coking unit gasoline, oxygenate, octane number, dimethylethynylcarbinol, methyl tert-butyl ether, efficiency, detonation.

**Введение.** Повышение состояния экосистемы страны, в частности соблюдение международных экологических требований в отношении токсичных газов топлива и транспортных средств, окажет положительное влияние на окружающую среду [1]. Возрастание спроса на нефтегазовые продукты и их использование вызывает различные серьезные экологические проблемы в



мире. Основную часть химического загрязнения окружающей среды составляют выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. В результате физико-механических процессов, происходящих в цилиндрах двигателя, выделяются комплексные соединения, состоящие из нескольких токсичных компонентов [2,3]. В последнее время все больше обсуждается об этих процессах. Основной причиной такого интереса является энергетический кризис и рост цен на бензин. В то же время многие понимают, что выгоды от добычи и продажи сырой нефти невелики. Представляется более выгодным перерабатывать нефть на различные компоненты и продавать их. Основные исследования в этой отрасли проводятся зарубежными учеными, в том числе из США [4].

Современным автомобилям требуется высокооктановое топливо с антидетонационными свойствами, характеризующееся октановыми числами двигателя 92, 95 и 98. Высокие антидетонационные характеристики достигаются либо путем глубокой модификации бензинов с использованием процессов каталитического крекинга, изомеризации, алкилирования, либо путем введения в топливо специальных высокооктановых присадок. В настоящее время бензин занимает одно из ведущих мест среди источников энергии первичного производства. Потребность человечества в нем, в его высоком качестве, больше, чем в любой другой фракции углеводородов. Поэтому к эксплуатационным свойствам автомобильного бензина предъявляются очень высокие требования, и проблема повышения качества бензина является *одной из актуальных проблем химической промышленности*.

Основной мировой тенденцией в улучшении экологических и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов является использование многофункциональных присадок, в основном оксигенатов – кислородсодержащих веществ (спиртов, кетонов, эфиров и др.). Присутствие кислорода в молекуле оксигенатного топлива позволяет снизить вредные выбросы монооксида углерода на 30%, а несгоревших углеводородов – на 15%. В США и ЕС содержание оксигенатов в бензине в количестве не менее

2% по массовым долям в пересчете на кислород является обязательным. Уже более 20 лет метил-*трет*-бутиловый эфир (МТБЭ) является основным оксигенатом, который способствует более полному сгоранию топлива и повышает антидетонационные свойства бензина (октановое число по методике исследования 115-135 единиц). Мировое производство МТБЭ из метанола и изобутилена находится на уровне 20 миллионов тонн в год [5]. В настоящее время из-за токсичности и опасности для окружающей среды он уже запрещен во многих странах. Из-за экологической безопасности применения МТБЭ, в качестве альтернативной добавки рассматриваются его гомологи – этиловый и бутиловый эфиры *трет*-бутанола [6]. Для уменьшения вредных выбросов выхлопных газов из двигателей внутреннего сгорания, повышения сопротивления детонации топлива и использования возобновляемого топлива, в базовый бензин добавляется много различных кислородсодержащих присадок [7]. Исследовано влияние изобутанольной добавки в метанол-бензиновое топливо немодифицированных двигателей с искровым зажиганием. Показано что изобутанольные присадки являются жизнеспособным вариантом для смешивания с существующим более низким соотношением метанол-бензин для работы двигателя с искровым зажиганием в качестве альтернативного топлива [8]. Установлено, что арилбутилацетали обладают достаточно высоким октановым числом (ОЧ) (до 110 – определенным исследовательским методом (ОЧИ)) и могут быть перспективными добавками к автомобильным бензинам для повышения детонационной стойкости, добавление 3 мас.% арилбутилацетала увеличивает ОЧИ смеси н-гептан-изооктан в качестве модельного топлива и базового топлива АИ-92-К5 на 1,0-1,2 и 0,1-0,4 пункта соответственно [9]. Активно изучается применение других эфиров в качестве добавок к бензину и дизельному топливу. На примере ряда моноэфиров гликолей показано, что антидетонационная активность целлозольвов и карбитолов в виде 1%-ной добавки к прямогонной бензиновой фракции выше, чем у МТБЭ. Это выражается в повышении октанового числа по исследовательскому методу исходного бензина с

82,1 до 87,7-90,0 и 85,2 единиц, соответственно [10].

С каждым годом критерии на качество используемого автомобильного топлива становятся более требовательными. В связи с этим автоконцерны создают двигатели внутреннего сгорания соответствующими этим критериям. Использование низкокачественного автомобильного топлива ведет не только к медленной езде, но и к поломке автомобиля в целом. В данном случае рекомендуется использовать топливо, которое соответствует условиям эксплуатации. Достичь этого можно либо при использовании высококачественного бензина, либо с при использовании специальных средств, повышающих октановое число, так называемых присадок или добавок.

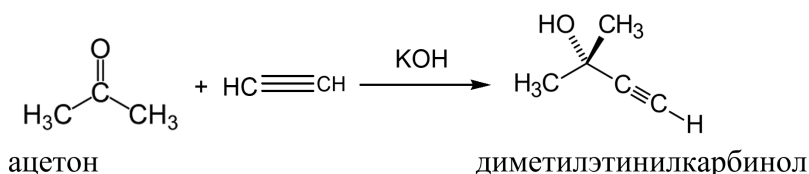
Использование кислородсодержащих компонентов (оксигенатов), является *одним из перспективных способов получения высокооктанового бензина.*

Как известно, мало изучены антидетонацион-

ные свойства третичных ацетиленовых спиртов. Интересным фактом является то, что они содержат в своей молекуле третичные алкильные радикалы, гидроксильные радикалы и ацетиленовую непредельную группу, которая способна разрывать фронт детонации. Исследование и разработка новых кислородсодержащих присадок на основе третичных ацетиленовых спиртов, которые могут повысить октановое число бензина, является важной и актуальной задачей.

Цель работы заключается в исследовании влияния таких оксигенатов, как МТБЭ и диметилэтинилкарбинола (ДМЭК) на повышение октанового числа бензина с установки замедленного коксования.

**Материалы и методы.** Алифатический ацетиленовый спирт ДМЭК получен методом конденсации ацетона (ГОСТ 2603-79 производства АО «ЭКОС-1», ч.д.а.) и ацетилена (полученный из баллона промышленный по ГОСТ 5457-75) в условиях модифицированной реакции Фаворского (рисунок 1).



**Рис. 1 - Схема реакции получения диметилэтинилкарбинола**

Физико-химические свойства синтезированного ДМЭК соответствует литературным данным [11,12].

**Таблица 1 – Методы исследования и физико-химические свойства ДМЭК**

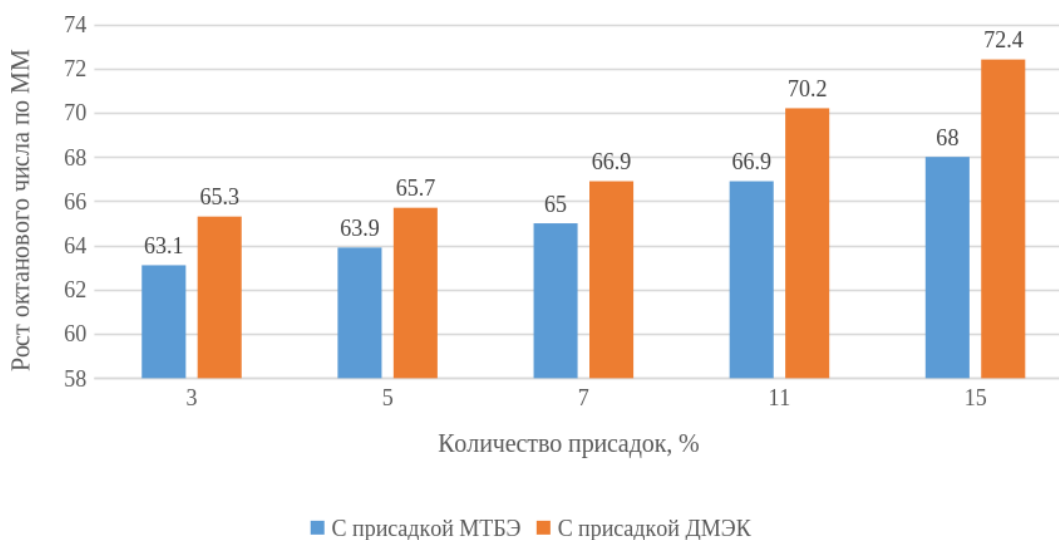
Характеристики	Методы исследования	Литературные данные		Результаты исследования
		[12]	[11]	
Состояние материи	визуальный	жидкость	жидкость	жидкость
Плотность	пикнометрический	0,86 г·см-3	-	0,86 г·см-3
Точка кипения	ГОСТ 18995.6-73	104 °С	102 - 104 °С	103-104 °С
Показатель преломления	рефрактометрический	1,4209-1,4220	1,4208-1,4214	1,4209-1,4212

**Таблица 2 – Изменение октанового числа бензина УЗК, при добавлении МТБЭ**

Бензин	МТБЭ кол-во, %	Октановое число, ОЧИ, ГОСТ 8226-82			Октановое число, ОЧМ, ГОСТ 511-82		
		без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
УЗК	3	63,5	65	+1,5	62,1	63,1	+1,0
	5		65,6	+2,1		63,9	+1,8
	7		66,7	+3,2		65	+2,9
	11		69	+5,5		66,9	+4,8
	15		70,3	+6,8		68	+5,9

**Таблица 3 - Изменение октанового числа бензина УЗК, при добавлении ДМЭК**

Бензин	ДМЭК кол-во, %	Октановое число, ОЧИ, ГОСТ 8226-82			Октановое число, ОЧМ, ГОСТ 511-82		
		без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
УЗК	3	63,5	68,3	+4,8	62,1	65,3	+3,2
	5		69,3	+5,8		65,7	+3,6
	7		70,5	+7,0		66,9	+4,8
	11		73,8	+10,3		70,2	+8,1
	15		75,7	+12,2		72,4	+10,3



**Рис. 2 – Изменение октанового числа бензина УЗК при добавлении МТБЭ и ДМЭК по ОЧИ**

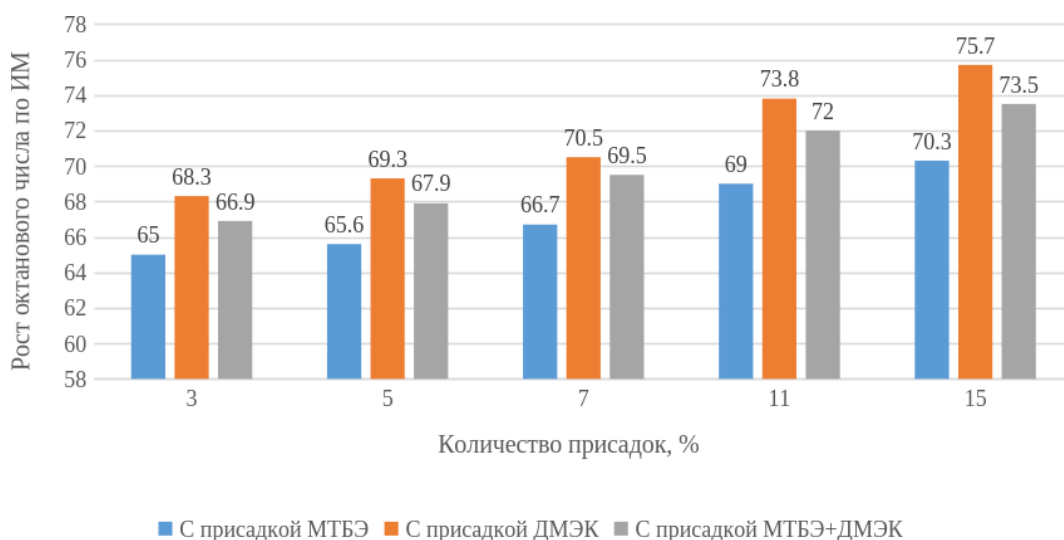
Реакция проведена под давлением в реакторе в присутствии порошкообразного гидроксида калия в тетрагидрофуране. Исходные вещества для синтеза ДМЭК применяли ацетон ТУ 2633-012-44493179-98 производства АО «ЭКОС-1» и

гидроксид калия ГОСТ 9285-78 производства ООО «Сода-хлорат». Оксигенат МТБЭ производства «Компонент-реактив» с содержанием основного вещества 99,9%. Для исследования использовались бензин с установки замедленного

коксование (УЗК), производимого ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Определение октанового числа бензиновых композиций, содержащих предлагаемые добавки, проводилось экспресс-методом на измерителе детонационной стойкости бензина на октанометре SHATOX SX-100K (фирма изготовитель НПО «SHATOX», Институт химических наук Сибирское отделение Российской академии наук (ИХН СО РАН)). В качестве эталонов сравнения использованы параметры, соответствующие ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и ТУ 4215-002-60283547-2006. Результаты исследований взяты средние значения

трех повторностей испытаний.

**Результаты и обсуждения.** Влияние оксигенатов МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензина нами определялось по приросту октанового числа бензина с УЗК производства ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Эффективность кислородсодержащих присадок (оксигенатов) в качестве высокооктановых компонентов исследовали при введении их в бензин в концентрации от 3-х до 15% (масс.). В таблицах 2, 3 и на рисунках 2 и 3 представлены результаты добавки МТБЭ и ДМЭК по ОЧИ и моторным методом (ОЧМ).



**Рис. 3 – Изменение октанового числа бензина УЗК при добавлении МТБЭ и ДМЭК по ОЧМ**

**Таблица 4 – Изменение октанового числа бензина УЗК, при добавлении МТБЭ+ДМЭК = 1:1**

Бензин	МТБЭ + ДМЭК= 1:1 кол-во, %	Октановое число, ОЧИ, ГОСТ 8226-82			Октановое число, ОЧМ, ГОСТ 511-82		
		без добавки	с добавкой	прирост ОЧ	без добавки	с добавкой	прирост ОЧ
УЗК	3	63,5	66,9	+3,4	62,1	65,1	+3,0
	5		67,9	+4,4		65,6	+3,5
	7		69,5	+6,0		66,9	+4,8
	11		72	+8,5		69	+6,9
	15		73,5	+10,0		70,6	+8,5

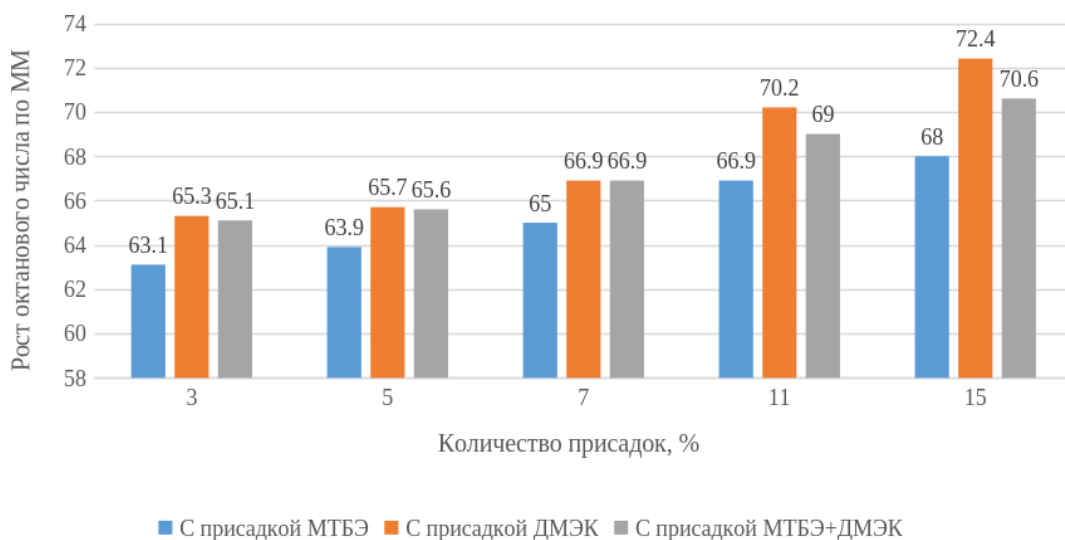
Из рисунков 2 и 3 видно, что добавка ДМЭК повышает октановое число бензина УЗК до 12,2 пунктов по ОЧИ и 10,3 пунктов по ОЧМ, а при

добавлении МТБЭ повышение октанового числа составляет по ОЧИ 6,8 пунктов, по ОЧМ 5,9 пунктов. Отсюда можно заметить, что эффек-

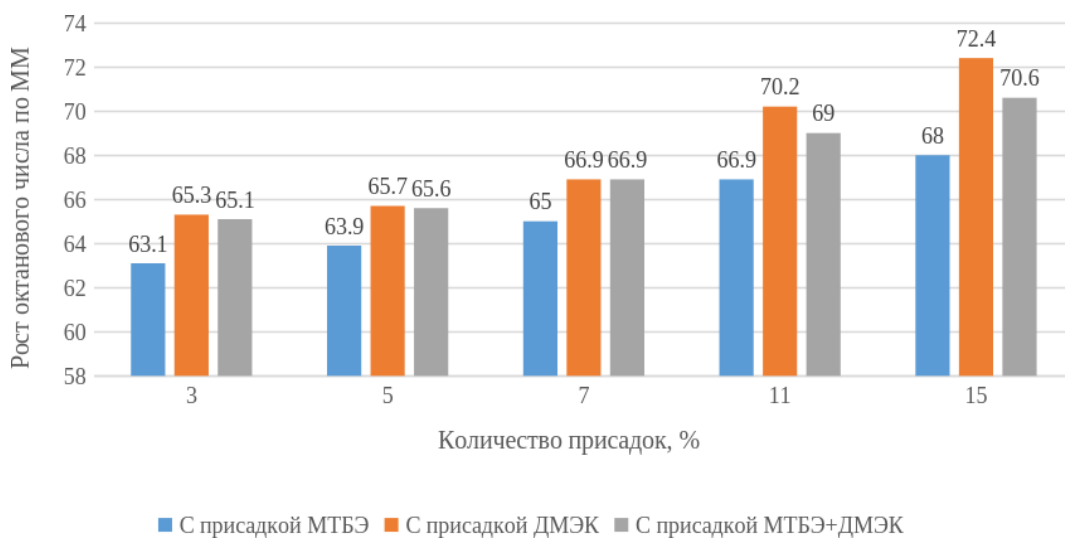
тивность октаноповышающей добавки ДМЭК значительно выше, чем у МТБЭ.

Как известно из литературного поиска больший эффект достигается от действия смеси присадок вследствие проявления синергетического

эффекта [13-14]. Поэтому на втором этапе исследований была проверена эффективность применения бинарных присадок, состоящих из ДМЭК и МТБЭ. Октановые числа смешения присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 в бензине УЗК представлены в таблице 4 и на рисунках 4 и 5.



**Рис. 4 - Изменение октанового числа бензина УЗК при добавлении присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 по ОЧИ**



**Рис. 5 - Изменение октанового числа бензина УЗК при добавлении присадок МТБЭ+ДМЭК = 1:1 по ОЧМ**

На рисунке 4 и 5 при исследовательском и моторном методах видно, что во всех случаях повышение октанового числа за счет усиления

синергетического эффекта. При этом можно заметить, что, октановое число бензина УЗК повышается при добавлении ДМЭК и бинарной



присадки, чем при добавлении МТБЭ.

**Выводы.** Исследование влияния оксигенатов, как МТБЭ и ДМЭК на повышение октанового числа бензина с установки замедленного коксования показали, что повышение октанового числа бензина УЗК при добавлении ДМЭК и бинарной присадки выше, чем при добавлении МТБЭ. По результатам исследований можно предложить третичный ацетиленовый спирт – ДМЭК как кислородсодержащая добавка для автомобильных

бензинов. Применение ДМЭК может расширить ресурсы высокооктановых компонентов, снизить токсичность бензинов и отработанных газов. Это позволит увеличить выпуск высококачественного товарного бензина для автомобильных двигателей.

**Финансирование.** Исследование была поддержана грантовым финансированием Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. АР14148044/0222.

### Литература

1. Махмудов М.Ж., Свайкосов С.О. Сравнение эффективности присадок в повышении октанового числа бензина // Universum: технические науки: электрон. научн. Журнал.- 2022.- № 6(99). -С. 24-29. URL: <https://7universum.com>
2. Капустин В.М., Ершов М.А. и Хакимов Р.В. Автомобильные бензины с высокооктановыми добавками, Москва: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. -160 с.
3. Makhmudov M.J., Svaykosov S.O., Abilov E.A. Method for reducing aromatic hydrocarbons in composition of gasoline // Science and Education in Karakalpakstan. -2021.- № 4.- С. 111-119
4. Дерюгина О.П., Мечик С.В., Трапезников Е.А. Процессы каталитического риформинга и компаундирования как методы повышения октанового числа бензинов, используемых в промышленных масштабах // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. -2020.- № 3.- С. 89-99. <https://doi.org>
5. Опарина Л.А., Колыванов Н.А., Гусарова Н.К., Сапрыгина В.Н. Оксигенатные добавки к топливу на основе возобновляемого сырья // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. -2018. -Т. 8(1).-С. 19–34. <https://doi.org>
6. Ибрагимов Э.А., Абадзаде Х.И., Казимова А.Н., Ибрагимов Р.Г., Рустамов М.И. Диизопропиловый эфир как перспективная оксигенатная добавка для производства высокооктановых бензинов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2014.- № 4. -С. 13-15.
7. Sakmak A., Ozcan H. Oxygenated Fuel Additives to Gasoline // Politeknik dergisi. -2018. –Vol. 21(4).- P.831-840. <https://doi.org>
8. Hazim Sharudin, Nik Rosli Abdullah, G. Najafi, Rizalman Mamat, H.H. Masjuki Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends // Applied thermal engineering.- 2017.-Vol.114.-P.594-603 <https://doi.org>
9. Колыванов, Н.А. Алкиларилацетали – новый тип оксигенатных добавок к моторным топливам / Л.А. Опарина, А.А. Ганина, С.Г. Дьячкова // Нефтехимия. - 2020.- Т.60 (1).- С. 148 -153. 10.31857/S0028242120010104
10. Хамидуллин Р.Ф., Харлампида Х.Э., Пучкова Т.Л., Мельник А.Ю., Батрутдинова А.Р., Галиуллина М.М. Оксигенатные добавки к бензиновым фракциям, повышающие октановые числа моторных топлив // Вестник Казанского технологического университета.- 2014.- Т.17(21) -С. 295–300.
11. Щелкунов А.В., Васильева Р.Л., Кричевский Л.А. Синтез и взаимные превращения монозамещенных ацетиленов. Алма-Ата: «Наука», 1975.- С. 44-45.

12.Academic dictionaries and encyclopedias. URL: <https://de-academic.com>. Дата обращения: 05.04.2024 г.

13.Danilov A.M. Research on Fuel Additives During 2011-2015. //Chem Technol Fuels Oils. -2017. - Vol.53.-P.705-721. <https://doi.org>

14.R. M. Nikulin, Kh. E. Kharlampidi, R. F. Khamidullin, A. V. Sitalo & F. A. Sharaf Synergistic Blend Based on Glycol Ethers as Antiknock Additives to Motor Fuels // Chemistry and Technology of Fuels and Oils.-2017.-Vol.52. - P.762-772. <https://doi.org>

### References

1.Mahmudov M.Zh., Svajkosov S.O. Sravnenie jeffektivnosti prisadok v povyshenii oktanovogo chisla benzina // Universum: tehnicheckie nauki: jelektron. nauchn. Zhurnal.- 2022.- № 6(99). -С. 24-29. URL: <https://7universum.com> [in Russian]

2.Kapustin V.M., Ershov M.A. i Hakimov R.V. Avtomobil' nye benziny s vysokooktanovymi dobavkami, Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj universitet nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2021. -160 s. [in Russian]

3.Makhmudov M.J., Svaykosov S.O., Abilov E.A. Method for reducing aromatic hydrocarbons in composition of gasoline // Science and Education in Karakalpakstan. -2021.- № 4.- С. 111-119

5.Oparina L.A., Kolyvanov N.A., Gusarova N.K., Saprygina V.N. Oksigenatnye dobavki k toplivu na osnove vozobnovljaemogo syr' ja // Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija. -2018. -Т. 8(1).-S. 19–34. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-19-34>

6.Ibragimov Je.A., Abadzade H.I., Kazimova A.N., Ibragimov R.G., Rustamov M.I. Diizopropilovyj jefir kak perspektivnaja oksigenatnaja dobavka dlja proizvodstva vysokooktanovyh benzinov // Mir nefteproduktov. Vestnik neftjanyh kompanij. 2014.- № 4. -S. 13-15.

7.Cakmak A., Ozcan H. Oxygenated Fuel Additives to Gasoline // Politeknik dergisi. -2018. –Vol. 21(4).- P.831-840. <https://doi.org>

8.Hazim Sharudin, Nik Rosli Abdullah, G. Najafi, Rizalman Mamat, H.H. Masjuki Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends // Applied thermal engineering.- 2017.-Vol.114.-P.594-603

<https://doi.org>

9.Kolyvanov, N.A. Alkilarilacetali – novyj tip oksigenatnyh dobavok k motornym toplivam / L.A. Oparina, A.A. Ganina, S.G. D' jachkova // Neftehimija. - 2020.- T.60 (1).- S. 148 -153. <https://doi.org/10.31857/S0028242120010104>

10.Hamidullin R.F., Harlampidi H.Je., Puchkova T.L., Mel' nik A.Ju., Batrutdinova A.R., Galiullina M.M. Oksigenatnye dobavki k benzinovym frakcijam, povyshajushhie oktanovye chisla motornyh topliv // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta.- 2014.- T.17(21) -S. 295–300.

11.Shhelkunov A.V., Vasil' eva R.L., Krichevskij L.A. Sintez i vzaimnye prevrashhenija monozameshennyh acetilenov. Alma-Ata: «Nauka», 1975.- S. 44-45.

12.Academic dictionaries and encyclopedias. URL: <https://de-academic.com>. Дата обращения: 05.04.2024 г.

13.Danilov A.M. Research on Fuel Additives During 2011-2015. //Chem Technol Fuels Oils. -2017. - Vol.53.-P.705-721. <https://doi.org>

14.R. M. Nikulin, Kh. E. Kharlampidi, R. F. Khamidullin, A. V. Sitalo & F. A. Sharaf Synergistic Blend

Based on Glycol Ethers as Antiknock Additives to Motor Fuels // Chemistry and Technology of Fuels and Oils.-2017.-Vol.52. - P.762-772. <https://doi.org>

*Сведения об авторе*

Гиладжов Е.Г.- доктор технических наук, профессор Института нефтехимической инженерии и экологии, НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», г. Атырау, Казахстан, e-mail: gilazhov@mail.ru;

Кулбатыров Д.К.- докторант Института нефтехимической инженерии и экологии, НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», г. Атырау, Казахстан, e-mail: dkkd@mail.ru;

Уразгалиева М.Д. -магистр, ведущий научный сотрудник Института нефтехимической инженерии и экологии, НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С.Утебаева», г. Атырау, Казахстан, e-mail: madina-uraz@mail.ru;

Законова А.Е.- преподаватель Института нефтехимической инженерии и экологии, НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», г. Атырау, Казахстан, e-mail: z.aigerim\_17@mail.ru;

Максот К.Р.- магистрант Института нефтехимической инженерии и экологии, НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», г. Атырау, Казахстан, e-mail: kamilla.maksot@mail.ru

*Information about the authors*

Gilazhov Y.G. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan, e-mail: gilazhov@mail.ru;

Kulbatyrov D.K. - Doctoral student at the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan, e-mail: dkkd@mail.ru;

Urazgalieva M.D.- Master' s degree, leading researcher of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan, e-mail: madina-uraz@mail.ru;

Zakonova A.E. - Lecturer at the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan, e-mail: z.aigerim\_17@mail.ru;

Maksot K.R.- Master' s student of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology, Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Atyrau, Kazakhstan, e-mail: kamilla.maksot@mail.ru

## ПОЛИСАХАРИД ПЕН МОНТМОРИЛЛОНИТ БИОНАНОКОМПОЗИТТЕРІНЕ КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІН ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАУ

Б.М. Жақып<sup>✉</sup>, Қ.Б. Мусабеков, А.Е. Нурмаханова

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

✉ Корреспондент-автор: zhakyp.botagoz@mail.ru

Мақалада табиғи полимерлер мен монтмориллониттен алынған бионанокөмпозиттер құрамына күміс иондарының иммобилизациялану мүмкіндігі қарастырылған, сонымен қатар, альгин қышқылының натрий тұзы (Na-ALG), карбоксиметилцеллюлозаның натрий тұзы (Na-КМЦ) және натрий-монтмориллонит (Na-ММТ) қоспаларының бионанокөмпозиттерінің (BNC) құрамындағы күміс нанобөлшектерінің (Ag-NPs) суда ісіну кинетикасы, сондай-ақ, олардан  $Ag^+$  иондарының бөлініп шығу кинетикасына әсерін зерттеу нәтижелері берілген. BNC құрамындағы Ag-NPs мөлшерінің жоғарылауымен оның беріктігі артып, ісінуі 2,5 есеге дейін төмендейтіні және  $Ag^+$  иондарының бөлініп шығу кинетикасы жоғарылайтыны көрсетілген. Бионанокөмпозиттердің құрамындағы белсенді заттар мен полимерлерден басқа, көмпозиттерден күміс иондарының бөлінуіне рН әсері зерттелді. Ерітіндінің рН жоғарылаған сайын күміс иондарының бөліну дәрежесі де жоғарылайтыны анықталды. рН мәні 1,2-ден 7,4-ке дейін жоғарылаған сайын, күміс иондарының бөлініп шығу кинетикасы 3 есеге дейін артты. Зерттеу нәтижелері отандық монтмориллониттен және арзан, қолжетімді табиғи полимерлерден биологиялық ыдырайтын, сонымен қатар, биологиялық қолжетімді көмпозиттерді алуға мүмкіндік береді. Бұл жұмыста бионанокөмпозиттердің құнды қасиеті болып табылатын  $Ag^+$  иондарының сулы ерітіндіге ұзақ шығуы үшін иммобилизация процесін оңтайландырып, «күміс монтмориллониті» және полисахаридтер негізінде пленкалар алу мүмкіндігі көрсетілді. Мақалада алынған нәтижелер бионанокөмпозиттер өндірісін нақты өнеркәсіптік өндіріске енгізу мүмкіндігін дәлелдеуге негіз береді.

**Түйін сөздер:** күміс нанобөлшектері, бионанокөмпозит, монтмориллонит, полисахарид, күміс иондарының бөлініп шығу кинетикасы, механикалық беріктілік, ісіну кинетикасы.

## ИММОБИЛИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В БИОНАНОКОМПОЗИТЫ ПОЛИСАХАРИДА И МОНТМОРИЛЛОНИТА

Б.М. Жақып<sup>✉</sup>, Қ.Б. Мусабеков, А.Е. Нурмаханова

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,  
e-mail: zhakyp.botagoz@mail.ru

В статье представлены результаты исследований, в ходе которых изучалась возможность иммобилизации серебра в состав бионанокөмпозитов, состоящих из природных полимеров и монтмориллонита, а также влияние содержания наночастиц серебра (Ag-NPs) в бионанокөмпозитах (BNC) смесей натриевой соли альгиновой кислоты (Na-ALG), натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) и натриймонтмориллонита (Na-ММТ) на кинетику набухания в воде, а так же кинетику высвобождения из них ионов  $Ag^+$ . Показано, что с ростом содержания Ag-NPs в BNC его прочность увеличивается, набухаемость снижается до 2,5 раз, а кинетика высвобождения ионов  $Ag^+$  растет. Помимо содержания бионанокөмпозитов, было изучено влияние рН среды на высвобождение ионов серебра из көмпозитов. Было установлено, что с увеличением значения рН раствора, степень высвобождения ионов серебра тоже увеличивалась. То есть при увеличении значения рН от 1,2 до 7,4 кинетика высвобождения ионов серебра увеличивалась до 3 раз. Результаты исследований дают возможность получать биоразлагаемые, а также биодоступные көмпозиты из отечественного монтмориллонита и недорогих, доступных природных полимеров. В данной работе было показано, как можно получить пленки на основе «серебряного монтмориллонита» и полисахаридов, оптимизировать

процесс иммобилизации для длительного (продолжительного) высвобождения в водный раствор ионов  $Ag^+$ , что делает их ценными для использования в качестве биоматериалов. Результаты, полученные в статье дают повод утверждать о возможности внедрения производства бионанокompозитов в реальное промышленное производство.

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, бионанокompозит, монтмориллонит, полисахарид, высвобождение ионов серебра, механическая прочность, кинетика набухания.

## IMMOBILIZATION OF SILVER NANOPARTICLES IN BIONANOCOMPOSITES OF POLYSACCHARIDE AND MONTMORILLONITE

**B. M. Zhakyp** <sup>✉</sup>, **K. B. Musabekov**, **A. E. Nurmakhanova**

al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: zhakyp.botagoz@mail.ru

The article presents the results of the research, in the course of which the possibility of silver immobilisation into bionanocomposites consisting of natural polymers and montmorillonite was studied, and the influence of silver nanoparticles (Ag-NPs) content in bionanocomposites (BNC) of mixtures of sodium salt of alginic acid (Na-ALG), sodium salt of carboxymethylcellulose (Na-CMC) and sodium montmorillonite (Na-MMT) on the kinetics of swelling in water, as well as the kinetics of  $Ag^+$  ions release from them. It is shown that with the increase of Ag-NPs content in BNC its strength increases, swelling decreases up to 2,5 times, and the kinetics of  $Ag^+$  ions release increases. In addition to the content of bionanocomposites, the influence of the pH of the medium on the release of silver ions from the composites was studied. It was found that as the pH value of the solution increased, the degree of release of silver ions also increased. That is, as the pH value increased from 1.2 to 7.4, the release kinetics of silver ions increased up to 3 times. The results of this study provide the possibility of producing biodegradable as well as bioavailable composites from native montmorillonite and inexpensive, readily available natural polymers. In this paper it was shown how films based on "silver montmorillonite" and polysaccharides can be obtained and the immobilisation process optimised for prolonged (prolonged) release of  $Ag^+$  ions into aqueous solution, making them valuable for use as biomaterials. The results obtained in the article give reason to assert the possibility of introducing the production of bionanocomposites into real industrial production.

**Keywords:** nanoparticles of silver, bionanocomposite, montmorillonite, polysaccharide, silver ions release, mechanical strength, swelling kinetics.

**Кіріспе.** Металл күмістің және оның қосылыстарының бактерицидтік қасиеттері ежелден белгілі. Кішігірім концентрацияларда олар көптеген бактерияларға зиян келтіреді (650-ден астам патогендік микроорганизмдер [1]), бірақ адам жасушалары үшін қауіпсіз [2]. Күміс қосылыстарының бірегей микробқа қарсы және вирусқа қарсы қасиеттері жан-жақты зерттелген. Күміс пен оның қосылыстарының антибиотиктерде жоқ тамаша ерекшелігі - микроорганизмдердің мутациясын басу қабілеті [3]. Күміс пен оның қосылыстарының бұл құнды қасиеті  $Ag^+$  иондарының жасушадағы әр түрлі ақуыз объектілерінің көбіне шабуыл жасауымен байланысты [3]. Күміс нанобөлшектері оның коллоидты бөлшектеріне

және тіпті  $Ag^+$  иондарына қарағанда белсендірек екені анықталды [4]. Сондықтан күміс нанобөлшектерін дамытуға көп көңіл бөлінеді [5].

Металл күмістің бактерицидтік қасиеттері оның баяу тотығуымен және қоршаған ортаға  $Ag^+$  иондарының бөлінуімен байланысты. Сондықтан нанокүміс препараттарын биоцидтік препараттардың арнайы класы ретінде пайдалану перспективті болып көрінеді [3]. Олар микроорганизмдермен максималды жанасуды қамтамасыз ететін жоғары дамыған бетінің арқасында жоғары бактерияға қарсы тиімділікке ие [3]. E. coli, V. Cholera, P. Aeruginosa және Satyphus микроорганизмдеріне олардың өсуінің логарифмдік фазасында  $Ag$



нанобөлшектерінің өлшемдерінің (3-25 нм) әсерін зерттеу V.Cholera мен P. Aeruginosa күміс нанобөлшектерінің (0, 25, 50, 75, 100 мкг мл<sup>-1</sup>) зерттелген концентрация диапазоны E. coli және Satyphus қарағанда төзімді екенін, күміс нанобөлшектерінің бактерицидтік әсері олардың мөлшеріне қатты байланысты - тек жеке диаметрі 10 нм-ден аз Ag<sup>+</sup> нанобөлшектері бактерицидтік әсерге ие болатынын көрсетті. Бұл интервалда күміс нанобөлшектерінің 98% декаэдрлер мен икосаэдрлер болып табылады, бұл көп қырлыларда көп мөлшерде болатын күміс кристалындағы [6] беттер химиялық белсенділікті жоғарылатты.

Күміс нанобөлшектерінің микроорганизмдерге әсер ету механизмі күміс нанобөлшектерінің бактерия қабырғаларының күкірт және фосфоры бар аймақтарымен әрекеттесуімен және олардың белсенділігінің жоғалуымен байланысты [3].

Коллоидты күмістің бактерияға қарсы белсенділігі мен одан күміс иондарының бөліну жылдамдығы арасындағы байланысты анықтау ғалымдарды айтарлықтай қызықтырады [7]. Хитозан – Ag – поливинипирролидон (PVP) нанокомпозитінің ерітіндісіне күміс иондарының шығу жылдамдығы нанобөлшектердің бетінен оксидті қабаттың еру жылдамдығымен және металдық күмістің тотығу жылдамдығымен анықталатыны атап өтілген. Монтмориллонит пен күмістің коллоидты бөлшектері бар бионанокомпозиттерде Ag<sup>+</sup> иондарының бөліну жылдамдығы Ag атомдарының диффузия жылдамдығымен және олардың тотығу жылдамдығымен анықталады [8]. Құрамында коллоидты күміс бөлшектері бар кальций альгинаты пленкаларының жоғары бактерицидтік белсенділігі де көрсетілген [9]. Жалпы алғанда, полимерлі матрицаларда иммобилизацияланған күміс иондарының микробқа қарсы белсенділігі жоғары екені айқын болады. Дегенмен, тасымалдаушы құрамындағы полимер мен минералды компоненттердің қосылысы күміс иондарының тасымалдаушылармен байланысу механизмінің әртүрлі болуына байланысты мұндай микробқа қарсы композиттердің қызмет ету мерзімін ұзартуы мүмкін. Мұндай композиттерді алу [10-11] жұмыстарында қарастырылды. Күміс иондары-

ның саз балшықтары бар композиттерін саздардың пакетаралық кеңістігіне Ag<sup>+</sup> иондарын енгізу арқылы да, оларды саз бөлшектерінің бетіне адсорбциялау арқылы да алуға болатыны көрсетілген; полимерлерді пайдалану олардың концентрациялары мен арақатынастарын таңдауды талап етеді. Сонымен қатар, күміс иондарын композиттерінің полимерлермен және саздармен қасиеттерін мақсатты түрде реттеу үшін осы компоненттердің барлығының әрекеттесу механизмін, композиттердің ісінуін және олардан Ag<sup>+</sup> иондарының бөліну кинетикасын егжей-тегжейлі зерттеу қажет.

Соңғы жылдары күміс пен оның қосылыстарын құрамында бентонит саздарының микро- және нанобөлшектері бар композицияларда, атап айтқанда, монтмориллонитте қолдануға көп көңіл бөлінуде [12].

Монтмориллонит қабатты құрылымды, суда ісінеді, катионды алмасуға қатысады [13-14], полимер материалдарының механикалық беріктігін арттыруға қабілетті, емдік қасиеті бар [15].

Соңғы жылдардағы зерттеулер нәтижесіне [16-17] сәйкес, монтмориллонит пен күміс негізіндегі композиттерді синтезі мен күміс иондарының бактерицидтік қасиеттері және осы тақырыптың өзектілігі дәлелденген. Алайда, аталған жұмыстарда поолимерді матрица ретінде полиэтилен, поливинил сияқты нашар ыдырайтын полимерлер [18] қолданылған.

Ал бионанокомпозиттердің полимерлі матрицасы ретінде қолданылатын натрий альгинаты мен метилцеллюлоза биоүйлесімді және биологиялық ыдырайтын болып табылады, бұл бионанокомпозиттің экологиялық тазалығын қамтамасыз етеді [12].

Сонымен қатар, монтмориллонит/хитозан негізіндегі композиттер де зерттелуде [19]. Бірақ, бұл композиттерде белсенді заттың, яғни күмістің ұзақ уақыт бойы бөлініп шығу процесі қарастырылмаған.

Бұл жұмыстың мақсаты – табиғи полимерлер, күміс нанобөлшектері және қазақстандық монтмориллонит негізіндегі қолжетімді, биологиялық ыдырайтын әрі арзан отандық бионанокомпозит-

терді синтездеу және олардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу, күміс иондарының ұзақ уақыт бөлініп шығатын композиттер алу.

**Материалдар мен әдістер.** Осы жұмыста Таган кен орнының 14 горизонтының бентонитінен (Шығыс Қазақстан облысы) алынған натрий монтмориллониті (Na-MMT), орташа молекулалық салмағы  $1,08 \cdot 10^5$  («Sigma», АҚШ) альгин қышқылының натрий тұзы (Na-ALG), орташа тұтқырлықпен карбоксиметилцеллюлозаның натрий тұзы (Na-КМЦ) («Sigma», АҚШ), МЕМСТ 4460-77 бойынша түйіршіктелген «химиялық таза» квалификациясы бар кальций хлориді ( $\text{CaCl}_2$ ), («Реакхим», Ресей) глицерин, тазалығы  $\geq 99,0\%$  («Sigma aldrich», АҚШ).

Күміс нанобөлшектерінің (Ag-NPs) көзі ретінде колларгол фармацевтикалық препараты қолданылды.

Бионанокомпозиттік пленкалар BNC гидрогелі көлемінде Na-ALG, Na-КМЦ,  $\text{CaCl}_2$ , глицерин, күміс нанобөлшектері Ag-NPs және Na-MMT макромолекулаларының біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы алынады [15]. Осы мақсатта Na-КМЦ (3%) және Na-ALG (2%) сулы ерітінділері бөлек дайындалды. Содан кейін олар 1:2 қатынасында араластырылды. Бөлек түрде 1:0,037 қатынасында бентонит пен колларгол (Ag-MMT) қоспасы дайындалды [10]. Әрі қарай құрамында 3%, 6%, 8% және 10% Ag-MMT (BNC құрамының қатынасы негізінде) бар гидрогель суспензиясы алынды. Ол үшін магнитті араластырғышта 20 минут араластыра отырып, 1:2 қатынасындағы Na-КМЦ (3%) және Na-ALG (2%) қоспасына жоғарыда көрсетілген концентрацияларға сәйкес келетін Ag-MMT енгізілді. Пленкалардың серпімділігін қамтамасыз ету үшін ерітіндіге глицерин (Ag-MMT массасына тең) қосылды, беріктік үшін гидрогельдің жалпы көлеміне 1:100 қатынасында 1%  $\text{CaCl}_2$  ерітіндісі қосылды.  $\text{CaCl}_2$  және Na-ALG өзара әрекеттесу нәтижесінде ерімейтін кальций альгинаты түзілді, бұл бионанокомпозиттерге ұзақ уақыт сулы ерітіндіде ерімеуге және ұзақ уақыт бойы күміс иондарын босатуға мүмкіндік береді. Осыдан кейін алынған суспензиядан 10 мл диаметрі 85 мм Петри табақшасына қосылып,  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  темпе-

ратурада тұрақты салмаққа дейін кептірілді [12].

*Ісіну кинетикасын анықтау.* Бионанокомпозиттердің ісіну кинетикасын анықтау үшін оның алдын ала аналитикалық таразыда өлшенген құрғақ үлгісі тазартылған суы бар ыдысқа салынды.  $20^\circ\text{C}$  температурада 120 минут (t) ішінде оның салмағы 5-тен 30 минутқа дейінгі аралықпен анықталды. BNC кинетикасын анықтау үшін дәлдігі 0,0001 г болатын Kern аналитикалық таразылары (KERN & Sohn GmbH, Германия) қолданылды.

Полимердің ісіну дәрежесі мына формуламен анықталады:

$$swel = \frac{m - m_0}{m_0} \quad (1)$$

$m_0$ ,  $m$  – полимердің ісінуге дейінгі және кейінгі массалары [12].

*Пленкалардың беріктігін анықтау.* Пленкалардың соққыға беріктігі Константа У1-А құрылғысында МЕМСТ 4765-73 сәйкес, пластинаға жүктің еркін түсуі кезінде пленка деформациясы негізінде, белгілі бір биіктіктен  $h$ , м. түсетін жүктің потенциалдық энергиясының мәнімен көрсетілді. Сынақ  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  және ауаның салыстырмалы ылғалдылығы  $65 \pm 5\%$  жүргізілді. Анықтау кемінде үш рет жүргізілді [12].

*Күміс иондарының бөліну кинетикасын анықтау.*  $\text{Ag}^+$  иондарының бөліну кинетикасы олардың ерітіндідегі концентрациясының өзгеру жылдамдығымен анықталды

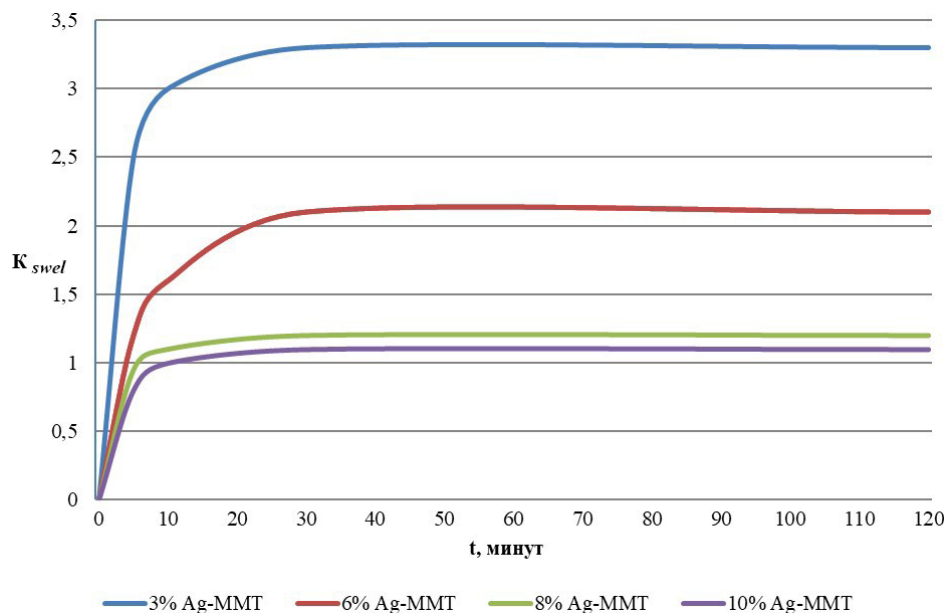
$$F = \frac{C_t}{C_\infty}, \quad (2)$$

мұндағы  $C_t$  және  $C_\infty$  -  $t$  уақытындағы  $\text{Ag}^+$  иондарының концентрациясы және мүмкін болатын максималды концентрациясы. Бионанокомпозиттерден күміс иондарының бөліну кинетикасын анықтау үшін аналитикалық таразыда өлшенген 0,1 г құрғақ үлгі 30 мл тазартылған су және физикалық ерітіндісі бар ыдыстарға салынды.  $\text{Ag}^+$  иондарының концентрациясы Agilent 8453E УК спектрофотометрін (Agilent Technologies Deutschland GmbH, Германия) пайдалана отырып, 405 нм [14] толқын ұзындығында

15 тәулік бойы анықталды. Күміс иондарының бөліну кинетикасының ортаның рН мәніне тәуелділігін анықтау үшін бұл талдау 3 түрлі рН 1,2; 5,0; және 7,4 физикалық ерітінділерде жүргізілді.

**Нәтижелер мен талқылау.** Бионанокомпозиттердің сумен әрекеттесуі осы материалдарды практикалық қолдану салаларын анықтайтын маңызды қасиеттердің бірі болып табылады. 1-суретте бионанокомпозиттердің судағы ісіну

кинетикасы көрсетілген. Қарастырылып отырған бионанокомпозиттер өте тез ісінетінін атап өтуге болады - тепе-теңдік мәндері ( $K_{swel}$ ) ~30 минутта орнатылады. Сонымен қатар, бионанокомпозиттегі Ag-MMT мөлшерінің жоғарылауымен олардың ісінуі төмендейді - Ag-MMT мөлшері 3%-дан (BNC-1) 10%-ға (BNC-4) жоғарылағанда, тепе-теңдік ісіну коэффициентінің мәні ( $K_{swel}$ ) ~2.5 есе төмендейді.



1-сурет - Бионанокомпозиттердің судағы ісіну кинетикасы,  $t=20^{\circ}\text{C}$

Алынған құрылымның қасиеттері, атап айтқанда, тордың тығыздығы, оның механикалық беріктігі және ол арқылы дәрілік заттарды тасымалдау кинетикасы, оның құрамындағы Na-MMT нанобөлшектерінің мөлшерімен анықталады.

Бұл күмістің амин топтары және гидроксил топтары бар хелат қосылыстарының түзілуіне байланысты үш өлшемді BNC торында қосымша тігіс түйіндерінің пайда болуына байланысты болуы мүмкін [20]. Байқалған құбылысты түсіндіру үшін ион алмастырғыш шайырлардың гидратация механизмі туралы қазіргі заманғы өкілдерге жүгінуге болады, оларда әлсіз қышқылды иониттерде сияқты функционалды -COO- топтарының болуына байланысты аталған шайырлар сияқты бионанокомпозиттер деп тануға болады.

Ионалмастырғыштарды сумен гидратациялау механизмін ИҚ-спектроскопия арқылы зерттеу негізінде құрылған Цундельдің идеялары бойынша бұл процесс су молекулаларының қарсы ионмен, біздің жағдайда Na-KMЦ құрамындағы  $\text{Na}^+$  және Ag-MMT бар бионанокомпозиттік пленкадағы  $\text{Ag}^+$  иондарымен әрекеттесуінен басталады. Қарсы ион бірінші су молекуласын бекітіп, полимер матрицасында (-COO-) бекітілген топтан біршама алыстайды. Кейінгі гидратация қабаттары қарсы ион мен бекітілген топтың арасында да, айналасында да түзіледі. Қарсы ион радиусы ұлғайған сайын ион зарядының тығыздығының төмендеуіне байланысты оның гидратациясы әлсірейді.

Осылайша, Na-KMЦ-ден BNC-ге өткенде пленкалардың ісінуінің төмендеуін  $\text{Na}^+$  иондары-

нан аз гидратталған  $Ag^+$  иондарының мөлшерінің жоғарылауымен түсіндіруге болады.

Екінші жағынан, бионанокөмпитті құрылымдайтын монтмориллониттің коллоидты бөлшектері де оның ісінуін азайтады деп болжауға болады. Сондықтан құрамында  $Ag$ -ММТ коллоидты бөлшектері бар бионанокөмпиттердің байқалған ісінуінің төмендеуін осы екі әсердің

суперпозициясы ретінде қарастыруға болады.

ВНС тәжірибеде, атап айтқанда, тамақ өнімдерін орау материалы ретінде, биоқолғаптар ретінде және т.б. пайдаланылған кезде, олардың механикалық беріктігінің маңызға зор. Осыған байланысты ВНС құрамының олардың соққыға беріктігіне әсері зерттелді (1-кесте).

**1-кесте- Бионанокөмпиттердің соққыға беріктігі**

№	Бионанокөмпит	Соққыға беріктігі, Н•м
1	BNC-1	2750
2	BNC-2	2870
3	BNC-3	2950
4	BNC-4	3030

Алынған нәтижелерді талдау, қарастырылып отырған ВНС пленкаларының механикалық беріктігі олардағы  $Ag$ -NPs мөлшерінің жоғарылауымен жоғарылау тенденциясын көрсетеді. Бұл нәтижелерді жоғарыда аталған ВНС торларының тығыздығымен түсіндіруге болады.

Бионанокөмпиттерді қолданудың дәстүрлі бағыттарының бірі, олардың ұзақ уақыт бойы шығарылуын қамтамасыз ету үшін, құрамына бактерицидтік препараттарды иммобилизациялау болып табылады.

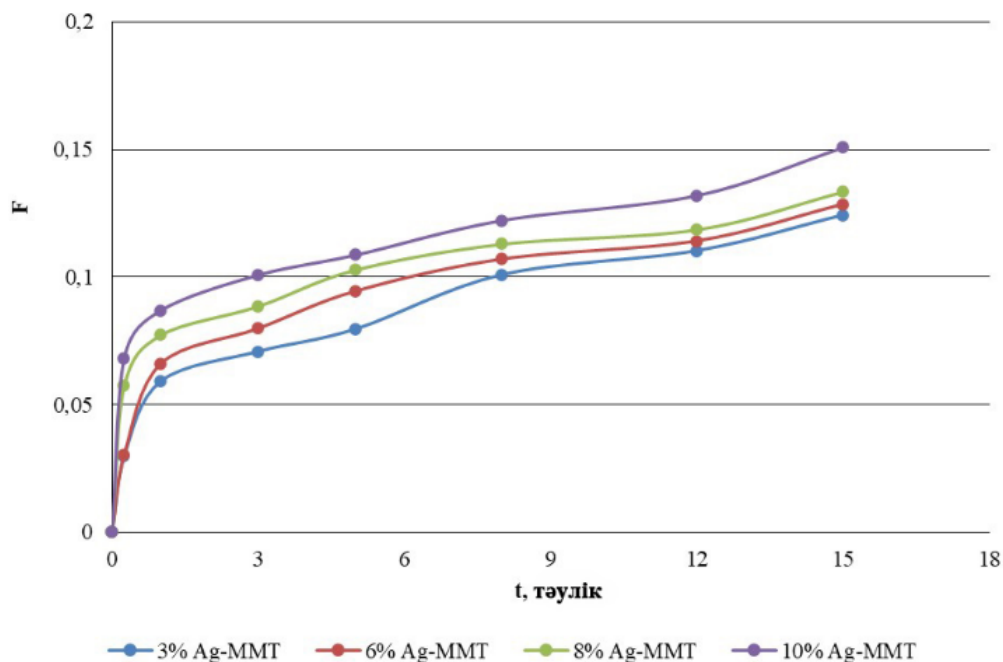
Коллоидты химиялық көзқарас тұрғысынан бионанокөмпиттер полимердің үздіксіз дисперсиялық ортасынан және дисперсті фазадан – толтырғыштың коллоидты бөлшектерінен – бұл жағдайда  $Ag$ -ММТ бөлшектерінен тұратын толтырылған полимерлі материалдардың бір түрі болып табылады. Мұндай жүйелердің реологиялық, оның ішінде механикалық қасиеттері, полимердің адсорбциялық қабаты арқылы толтырғыш бөлшектерінің бір-бірімен коагуляциялық құрылымының түзілуімен анықталады. Бұл процесс макромолекула сегменттерінің Гиббс бос энергиясы артық толтырғыш бөлшектердің бетімен әрекеттесуі нәтижесінде полимердің адсорбциялық қабатының күшеюімен жүреді. Бұл ұстаным академик П.А. Ребиндер мен оның әріптестері белгілеген құрылымсыз полимер ерітіндісінде

толтырғыш бөлшектердің - белсенді титан диоксиді мен бентонит сазының үздіксіз құрылымдық торын қалыптастыруда расталды.

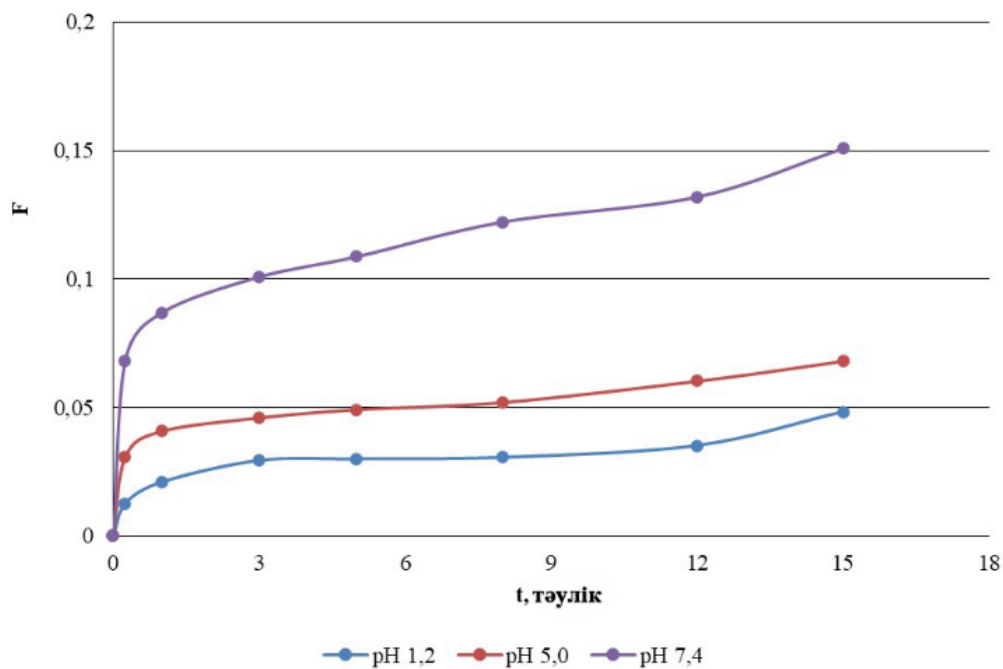
Толтырылған полимерлердің механикалық қасиеттерінің олардағы толтырғыштың құрамына өте тәуелділігімен сипатталады. Бұл толтырғыш концентрациясының жоғарылауымен толтырғыш бөлшектердің бетіндегі макромолекулалардың адсорбциялық қабаттарының үлесінің өзгеруіне байланысты [21]. Толтырғыштың дисперсия дәрежесінің жоғарылауымен толтырылған полимерде кеңістіктік коагуляциялық құрылым пайда болатын толтырғыштың минималды концентрациясы төмендейді.

Жоғарыда атап өтілгендей, бионанокөмпиттерде иммобилизацияланған күміс иондарының бөліну кинетикасы негізінен осы бөлшектердің суды сіңіруімен анықталады. Осыған байланысты, бұл жұмыста бионанокөмпиттерден  $Ag^+$  иондарының бөлінуі зерттелді. 2-3-суреттерден  $Ag^+$  иондарының бөлінуі жылдам емес, кинетикалық процесс екені анық көрінеді. 15 тәулік бойы әртүрлі рН мәндерінде, сондай-ақ, ВНС құрамындағы  $Ag$ -ММТ мөлшеріне байланысты бионанокөмпиттерден белсенді заттың бөліну дәрежесі біртіндеп өсті. Он бес тәулікте бұл процесс әлі біткен жоқ. Ортаның рН жоғарылаған сайын  $Ag^+$  иондарының бөлінуі артады (3-сурет).

2-суретте BNC-дан  $Ag^+$  иондарының бөліну кинетикасы көрсетілген.  $Ag$ -NPs мөлшерінің жоғарылауымен, BNC ісінуінің төмендеуіне қарамастан, процестің кинетикасы артатынын атап өтуге болады. Мұны қарастыратын BNC құрылымында  $Ag^+$  иондарының диффузиясы үшін жеткілікті мәні бар торлардың түзілуімен түсіндіруге болады.



2-сурет- BNC-тен  $Ag^+$  иондарының судағы бөліну кинетикасы,  $t=20^\circ C$



3-сурет - Әртүрлі pH мәндеріндегі BNC-ден  $Ag^+$  иондарының физикалық ерітіндідегі бөліну кинетикасы,  $t=20^\circ C$



Осыған ұқсас нәтижелер [22] жұмысында бионанокөміпозиттердің су сіңіруін және олардан  $Ag^+$  иондарының бөліну кинетикасын зерттеу кезінде алынған. Көміпозиттегі  $Ag$ -ММТ мөлшері неғұрлым жоғары болса, соғұрлым  $Ag^+$  иондары тезірек бөлінеді. Келтірілген жұмыста  $Ag^+$  иондары ВНС-ден бөлінген кезде оң зарядталған полимерлі матрицада диффузияланатынын ескерген жөн. Біздің қарастырып отырған альгин қышқылының натрий тұзына және карбоксиметилцеллюлозаның натрий тұзына негізделген ВНС-ден  $Ag^+$  иондары теріс зарядталған полимерлі ортада диффузияланады. Бұл жағдайда ион алмасу процесінің өтуін жоққа шығаруға болмайды. Демек, осы жұмыста зерттелген ВНС-дан  $Ag^+$  иондарының бөліну кинетикасы аталған [22] процесстен ерекшеленуі керек.

**Қорытынды.** Микробқа қарсы, биоцидтік препараттар мен коллоидты күміс негізіндегі өнімдердің ассортиментін кеңейту үшін коллоидты күміс бөлшектері қабатталған монтмориллонит силикаты құрылымында иммобилизацияланды.

Альгин қышқылының натрий тұзы, карбоксиметилцеллюлозаның натрий тұзы, күміс нанобөлшектері  $Ag$ -NPs, кальций хлориді, глицерин және натрий монтмориллониті  $Na$ -ММТ қоспалары негізінде жаңа бионанокөміпозиттер-

дің пленкалары алынды. Құрамында  $Ag$ -NPs жоғарылаған сайын пленкалардың механикалық беріктігі артып, судағы ісінуі, керісінше, төмендейтіні анықталды. Бұл бионанокөміпозиттердің полимерлік торларының тығыздалуына байланысты болуы мүмкін. Бионанокөміпозиттерден  $Ag^+$  иондарының бөліну кинетикасы негізінен оның осы ВНС құрамындағы мөлшерімен,  $Ag$ -NPs мөлшерінің жоғарылауымен, сондай-ақ, қоршаған ортаның рН мәнінің жоғарылауымен анықталады. Бұл  $Ag^+$  иондарының диффузиясы үшін бионанокөміпозиттерде өлшемдері жеткілікті болатын полимерлік торлардың пайда болуын көрсетеді.

Осылайша, белсенді заттардың, яғни күміс иондарының, реттеуге келетін және ұзақ бөлініп шығарылатын бионанокөміпозиттерді синтездеуге болады.

Алынған нәтижелер дәрілік, биоцидтік, бактерицидтік препараттардың, биологиялық ыдырайтын, биоүйлесімді, биополимерлі матрицаларын және тамақ өнімдеріне, көкөністер мен жемістерге арналған қаптапаларды жобалау үшін пайдалы болуы мүмкін.

**Қаржыландыру.** Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (Грант № АР19677207) қаржыландырды.

## Әдебиеттер

1. Pessanha N.F.N., Coelho G.L.V. Study on the production of silver/modified clay nanocomposites // Mater. Res. Soc. Symp. Proc. – 2013. – Vol. 1547, – P. 167–172. DOI:10.1557/opl.2013.565
2. K.I. Batersch. Anomaly and correlation of killing in the therapeutic properties of silver (I) chelation with glutamic and tartaric acids // Journal of Antimicrobial Chemotherapy – 2004 – Vol. 54 – P. 546–548. DOI: 10.1093/jac/dkh349
3. Ю. А. Крутяков, А.А.Кудринский, А.Ю. Оленин, Г.В.Лисичкин. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы.// Успехи химии. – 2008. – Т. 77, №3. – С.242-269. DOI:10.1070/RC2008v077n03ABEH003751
4. Balachandran Y.L. et al. Differently Environment Stable Bio-Silver Nanoparticles: Study on Their Optical Enhancing and Antibacterial Properties // PLoS One. – 2013. – Vol. 8, № 10. – P. 1–14. DOI:10.1371/journal.pone.0077043
5. О.Я. Урюпина, Е. К. Уродкова, Е. С. Жаворонок, В. В. Высоцкий, И. Н. Сенчихин. Синтез монодисперсных наночастиц серебра в растворах хитозана // Коллоидный журнал. – 2019. – Т. 81, № 2. – С. 263-267. DOI: 10.1134/S0023291219020174

6. D.W. Hatchett, H.S. White. Electrochemistry of Sulfur Adlayers on the Low-Index Faces of Silver. // *The Journal of Physical Chemistry*. – 1996 – Vol. 1006, №28. – P. 9854–9859.
7. Wang, B., Liu, X., Ji, Y., Ren, K., & Ji, J. (2012). Fast and long-acting antibacterial properties of chitosan-Ag/polyvinylpyrrolidone nanocomposite films. // *Carbohydrate Polymers*. – 2012.– Vol. 90. – P. 8–15. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.03.080
8. Sotiriou, G. A., Meyer, A., Knijnenburg, J. T. N., Panke, S., & Pratsinis, S. E. Quantifying the origin of released Ag<sup>+</sup> ions from nanosilver // *Langmuir*. – 2012. – Vol. 23. – P. 15929–15936. DOI: 10.1021/la303370d
9. Ю.Л. Буркова, И.А. Беленёва, Ю.А. Щипунов. Бактерицидные пленки альгината натрия с наноразмерными частицами серебра // *Коллоидный журнал*. – 2015. – Т. 77, №6. – С. 714-722.
10. de Azeredo, H. M. C. Antimicrobial nanostructures in food packaging. // *Trends in Food Science & Technology*. – 2013 – Vol. 30. – P. 56–69. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.11.006
11. Kamyar Shameli, Mansor Bin Ahmad, Wan Md Zin Wan Yunus, Abdolhossein Rustaiyan, Nor Azowa Ibrahim, Mohsen Zargar, Yadollah Abdollahi. Green synthesis of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites using the UV irradiation method and evaluation of antibacterial activity // *International Journal of Nanomedicine* – 2010 – Vol.5. – P. 875–887. DOI: 10.2147/IJN.S13632
12. Shameli K. et al. Synthesis and characterization of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites by chemical reduction method and their antibacterial activity. // *Int. J. Nanomedicine*. – 2011. – Vol. 6. – P. 271–284. DOI:10.2147/IJN.S16043
13. Mishra R.K. et al. Antimicrobial and in vitro wound healing properties of novel clay based bionanocomposite films // *J. Mater. Sci. Mater. Med.* – 2014. – Vol. 25, № 8. – P. 1925–1939. DOI:10.1007/s10856-014-5228-y
14. Alcântara A.C.S. et al. Effective intercalation of zein into Na-montmorillonite: Role of the protein components and use of the developed biointerfaces // *Beilstein J. Nanotechnol.* – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 1772–1782. DOI:10.3762/bjnano.7.170
15. Makwana D. et al. Characterization of Agar-CMC/Ag-MMT nanocomposite and evaluation of antibacterial and mechanical properties for packaging applications // *Arab. J. Chem.* – 2020. – Vol. 13, № 1. – P. 3092–3099. DOI: 10.1016/j.arabjc.2018.08.017
16. Quang Lich Nguyen, Dai Vuong Le, Anh N. Phan, and Van Duy Nguyen. Synthesis of Biodegradable and Antimicrobial Nanocomposite Films Reinforced for Coffee and Agri-Food Product Preservation // *ACS Omega* – 2023 – Vol. 8, №45. – P. 42177-42185. DOI: 10.1021/acsomega.3c04017
17. Seok-In Hong, Long-Feng Wang, Jong-Whan Rhim. Preparation and characterization of nanoclays-incorporated polyethylene/thermoplastic starch composite films with antimicrobial activity // *Food Packaging and Shelf Life* – 2022 – Vol. 31 – P. 100784. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100784>
18. Ekta B. Jadhav, Mahipal Singh Sankhla, Rouf Ahmad Bhat, D.S. Bhagat. Microplastics from food packaging: An overview of human consumption, health threats, and alternative solutions // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* – 2021 – Vol. 16 – P. 100608. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100608>
19. Yang K, Shen L, Zhang L, Sun W, Zou Y, Ren Y, Zeng R. Antibacterial Activity and Biocompatibility of Ag-Montmorillonite/Chitosan Colloidal Dressing in a Skin Infection Rat Model: An In Vitro and In Vivo Study // *J Funct Biomater* – 2023 – Vol. 14, №9 . – P. 470. doi: 10.3390/jfb14090470.
20. Alba M.D. et al. Bionanocomposites based on chitosan intercalation in designed swelling high- charged micelles // *Sci. Rep.* – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 1–9. DOI:10.1038/s41598-019-46495-z

21. Плотникова Л.В., Успенская М.В. Игнатъева Ю.А. Модификация обогащенного бентонита ионами серебра // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции № 1. – г. Тюмень, 2016. – С. 48-51.
22. Lavorgna M. et al. MMT-supported Ag nanoparticles for chitosan nanocomposites: Structural properties and antibacterial activity // *Carbohydr. Polym.* Elsevier Ltd. – 2014. – Vol. 102, № 1. – P. 385–392. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.11.026

### References

1. Pessanha N.F.N., Coelho G.L.V. Study on the production of silver/modified clay nanocomposites // *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* – 2013. – Vol. 1547, – P. 167–172. DOI:10.1557/opl.2013.565
2. K.I. Batersh. Anomaly and correlation of killing in the therapeutic properties of silver (I) chelation with glutamic and tartaric acids // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* – 2004 – Vol. 54 – P. 546–548. DOI: 10.1093/jac/dkh349
3. Yu. A. Krutyakov, A.A.Kudrinskii, A.Yu. Olenin, G.V.Lisichkin. Sintez i svoistva nanochastits serebra: dostizheniya i perspektivy.// *Uspekhi khimii.* – 2008. – T. 77, №3. – S.242-269. DOI:10.1070/RC2008v077n03ABEH003751 [in Russian]
4. Balachandran Y.L. et al. Differently Environment Stable Bio-Silver Nanoparticles: Study on Their Optical Enhancing and Antibacterial Properties // *PLoS One.* – 2013. – Vol. 8, № 10. – P. 1–14. DOI:10.1371/journal.pone.0077043
5. O.Ya. Uryupina, E. K. Urodkova, E. S. Zhavoronok, V. V. Vysotskii, I. N. Senchikhin. Sintez monodispersnykh nanochastits serebra v rastvorakh khitozana // *Kolloidnyi zhurnal.* – 2019. – T. 81, № 2. – S. 263-267. DOI: 10.1134/S0023291219020174 [in Russian]
6. D.W. Hatchett, H.S. White. Electrochemistry of Sulfur Adlayers on the Low-Index Faces of Silver. // *The Journal of Physical Chemistry.* – 1996 – Vol. 1006, №28. – P. 9854–9859.
7. Wang, B., Liu, X., Ji, Y., Ren, K., & Ji, J. (2012). Fast and long-acting antibacterial properties of chitosan-Ag/polyvinylpyrrolidone nanocomposite films. // *Carbohydrate Polymers.* – 2012.– Vol. 90. – P. 8–15. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.03.080
8. Sotiriou, G. A., Meyer, A., Knijnenburg, J. T. N., Panke, S., & Pratsinis, S. E. Quantifying the origin of released Ag<sup>+</sup> ions from nanosilver // *Langmuir.* – 2012. – Vol. 23. – P. 15929–15936. DOI: 10.1021/la303370d
9. Yu.L. Burkova, I.A. Beleneva, Yu.A. Shchipunov. Bakteritsidnye plenki al' ginata natriya s nanorazmernymi chastitsami serebra // *Kolloidnyi zhurnal.* – 2015. – T. 77, №6. – S. 714-722. [in Russian]
10. de Azeredo, H. M. C. Antimicrobial nanostructures in food packaging. // *Trends in Food Science & Technology.* – 2013 – Vol. 30. – P. 56–69. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.11.006
11. Kamyar Shameli, Mansor Bin Ahmad, Wan Md Zin Wan Yunus, Abdolhossein Rustaiyan, Nor Azowa Ibrahim, Mohsen Zargar, Yadollah Abdollahi. Green synthesis of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites using the UV irradiation method and evaluation of antibacterial activity // *International Journal of Nanomedicine* – 2010 – Vol.5. – P. 875–887. DOI: 10.2147/IJN.S13632
12. Shameli K. et al. Synthesis and characterization of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites by chemical reduction method and their antibacterial activity. // *Int. J. Nanomedicine.* – 2011. – Vol. 6. – P. 271–284. DOI:10.2147/IJN.S16043
13. Mishra R.K. et al. Antimicrobial and in vitro wound healing properties of novel clay based bionanocomposite films // *J. Mater. Sci. Mater. Med.* – 2014. – Vol. 25, № 8. – P. 1925–1939. DOI:10.1007/s10856-

014-5228-y

14. Alcântara A.C.S. et al. Effective intercalation of zein into Na-montmorillonite: Role of the protein components and use of the developed biointerfaces // Beilstein J. Nanotechnol. – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 1772–1782. DOI:10.3762/bjnano.7.170
15. Makwana D. et al. Characterization of Agar-CMC/Ag-MMT nanocomposite and evaluation of antibacterial and mechanical properties for packaging applications // Arab. J. Chem. – 2020. – Vol. 13, № 1. – P. 3092–3099. DOI: 10.1016/j.arabjc.2018.08.017
16. Quang Lich Nguyen, Dai Vuong Le, Anh N. Phan, and Van Duy Nguyen. Synthesis of Biodegradable and Antimicrobial Nanocomposite Films Reinforced for Coffee and Agri-Food Product Preservation // ACS Omega – 2023 – Vol. 8, №45. – P. 42177-42185. DOI: 10.1021/acsomega.3c04017
17. Seok-In Hong, Long-Feng Wang, Jong-Whan Rhim. Preparation and characterization of nanoclays-incorporated polyethylene/thermoplastic starch composite films with antimicrobial activity // Food Packaging and Shelf Life – 2022 – Vol. 31 – P. 100784. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100784>
18. Ekta B. Jadhav, Mahipal Singh Sankhla, Rouf Ahmad Bhat, D.S. Bhagat. Microplastics from food packaging: An overview of human consumption, health threats, and alternative solutions // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management – 2021 – Vol. 16 – P. 100608. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100608>
19. Yang K, Shen L, Zhang L, Sun W, Zou Y, Ren Y, Zeng R. Antibacterial Activity and Biocompatibility of Ag-Montmorillonite/Chitosan Colloidal Dressing in a Skin Infection Rat Model: An In Vitro and In Vivo Study // J Funct Biomater – 2023 – Vol. 14, №9 . – P. 470. doi: 10.3390/jfb14090470.
20. Alba M.D. et al. Bionanocomposites based on chitosan intercalation in designed swelling high- charged micelles // Sci. Rep. – 2019. – Vol. 9(1). – P. 1–9. DOI:10.1038/s41598-019-46495-z
21. Plotnikova L.V., Uspenskaya M.V. Ignat'eva Yu.A. Modifikatsiya obogashchennogo bentonita ionami serebra // Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii № 1. – g. Tyumen', 2016. – S. 48-51. [in Russian]
22. Lavorgna M. et al. MMT-supported Ag nanoparticles for chitosan nanocomposites: Structural properties and antibacterial activity // Carbohydr. Polym. Elsevier Ltd. – 2014. – Vol. 102, № 1. – P. 385–392. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.11.026

*Авторлар туралы мәліметтер*

Жақып Б.М.- докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: zhakyp.botagoz@mail.ru;

Мусабеков Қ.Б. - профессор, химия ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан e-mail: kuanyshbek.musabekov@kaznu.kz;

Нурмаханова А.Е.- магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: nurainura01@gmail.com

*Information about the authors*

Zhakyp B.M. – PhD Student, al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhakyp.botagoz@mail.ru;

Musabekov K.B. - Doctor of chemical Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kuanyshbek.musabekov@kaznu.kz;

Nurmakhanova A.E. – master's student, al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurainura01@gmail.com

**ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ  
ФУНКЦИОНАЛДЫРЫЛҒАН НАНОТОЛТЫРҒЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ****<sup>1</sup>Л.К. Тастанова<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>А.З. Бекешев, <sup>2</sup>А.С. Мостовой, <sup>3</sup>А.К. Жұмабекова, <sup>1</sup>Г.Д. Серікбаева**<sup>1</sup> Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан,<sup>2</sup> Ю.Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов қ., Ресей,<sup>3</sup> Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан<sup>✉</sup> Корреспондент-автор: lyazzatt@mail.ru

Бұл жұмыста өңделмеген және аминсірке қышқылымен функционалдырылған наноалмаздар (НА) мен алюминий нитриді (AlN) нанотолтырғыштарының эпоксидті композиттердің құрылымының қалыптасуына және сипаттамаларына әсері зерттелді. Сканерлеуші электронды микроскопиялық (СЭМ) талдау осы нанотолтырғыштардың морфологиясы мен агломерацияға күшті бейімділігін, яғни олардың дисперстілігін және полимер матрицасымен өзара әрекеттесуін жақсарту үшін түрлендіру қажеттілігін анықтады. НА және AlN аминсірке қышқылымен функционализациялау гелдену және қатаю процестерін айтарлықтай жылдамдатады, бұл термометриялық сонымен қатар дифференциалдық сканерлеу калориметриясымен өлшенген нәтижелері көрсетті. Аталған зерттеулер композиттердің қатаю температурасы және уақытымен қатар оның термиялық эффектісінің жоғарылауын көрсетті. Механикалық сынақтар аминсірке қышқылымен өңделген НА немесе AlN нанобөлшектерімен модификацияланған эпоксидті композиттер өңделмеген нанотолтырғыштар қосылған композиттермен салыстырғанда беріктік, серпімділік модулі және қаттылық бойынша айтарлықтай жақсартуларды көрсететінін анықтады. Сонымен қатар, зерттеулер аминсірке қышқылымен өңделмеген және модификацияланған НА және AlN нанобөлшектерінің қосылуы эпоксидті нанокомпозиттердің ыстыққа төзімділігі мен термиялық тұрақтылығын айтарлықтай жақсартатынын көрсетті. Алынған нәтижелер эпоксидті нанокомпозиттердің физикалық-механикалық қасиеттерін оңтайландыру үшін аминсірке қышқылымен өңдеудің тиімділігін көрсетті, бұл заманауи материалдарды дамыту үшін перспективалы жолдарды ашады.

**Түйін сөздер:** эпоксидті композит, нанотолтырғыш, модификациялау, наноалмаздар, алюминий нитриді, аминсірке қышқылы.

**THE EFFECT OF FUNCTIONALIZED NANOFILLERS ON THE PHYSICO-CHEMICAL  
PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES****<sup>1</sup>L. Tastanova<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>A. Bekeshev, <sup>2</sup>A. Mostovoy, <sup>3</sup>A. Zhumabekova, <sup>1</sup>G. Serikbayeva**<sup>1</sup>K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan,<sup>2</sup>Yu. Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia,<sup>3</sup> Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

e-mail: lyazzatt@mail.ru

The study explores the impact of incorporating pristine and aminoacetic acid-functionalized nanofillers, specifically nanodiamonds (ND) and aluminum nitride (AlN), on the structure formation and performance of epoxy polymers. Scanning electron microscopy (SEM) analysis reveals the morphology and pronounced agglomeration tendencies of these nanofillers, underscoring the need for functionalization to improve their dispersion and interaction with the polymer matrix. The functionalization of ND and AlN with aminoacetic acid significantly accelerates the gelation and curing processes, as evidenced by thermometric and differential scanning calorimetry (DSC) studies, which show a reduction in curing times and temperatures along with enhanced thermal effects. Mechanical testing demonstrates that epoxy composites containing aminoacetic acid-treated ND and AlN exhibit marked improvements in strength, modulus, and impact resistance compared to those with pristine nanofillers. Moreover, the results show that the incorporation of ND and AlN nanoparticles, whether pristine or aminoacetic acid-modified, notably increases the heat



resistance and thermal stability of epoxy nanocomposites, with higher aminoacetic acid concentrations correlating with even greater improvements in these properties. These findings highlight the effectiveness of aminoacetic acid treatment in optimizing the physical and mechanical properties of epoxy nanocomposites, offering promising avenues for advanced material development.

**Key words:** epoxy composite, nanofiller, modification; nanodiamonds, aluminum nitride, aminoacetic acid.

## ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ НАНОПОЛНИТЕЛЕЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

<sup>1</sup>Л. Тастанова ✉, <sup>1</sup>А. Бекешев, <sup>2</sup>А. Мостовой, <sup>3</sup>А.К. Жумабекова, <sup>1</sup>Г.Д. Серикбаева

<sup>1</sup> Актюбинский региональный университет им. К.Жубанова, г.Актобе, Казахстан,

<sup>2</sup> Саратовский государственный технический университет им. Ю.Гагарина, г.Саратов, Россия,

<sup>3</sup> Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, г.Астана, Казахстан,

e-mail: lyazzatt@mail.ru

В работе изучено влияние включения необработанных и функционализированных аминокислотой нанонаполнителей - наноалмазов (НА) и нитрида алюминия (AlN), на формирование структуры и характеристики эпоксидных композитов. Анализ методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) выявил морфологию этих нанонаполнителей и выраженную склонность их к агрегации, что подчеркивает необходимость функционализации для улучшения их дисперсности и взаимодействия с полимерной матрицей. Функционализация НА и AlN аминокислотой значительно ускоряет процессы гелеобразования и отверждения, о чем свидетельствуют термометрические исследования и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), которые показывают сокращение времени и температуры отверждения наряду с усилением теплового эффекта. Механические испытания показали, что эпоксидные композиты, содержащие НА и AlN, обработанные аминокислотой, демонстрируют заметное улучшение прочности, модуля упругости и ударной вязкости по сравнению с композитами с нетронутыми нанонаполнителями. Кроме того, выявлено, что включение наночастиц НА и AlN, как чистых, так и модифицированных аминокислотой, значительно повышает теплостойкость и термостабильность эпоксидных нанокомпозитов, причем более высокие концентрации аминокислоты приводят к большему улучшению этих свойств. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности обработки аминокислотой для оптимизации физико-механических свойств эпоксидных нанокомпозитов, что открывает перспективные пути для разработки современных материалов.

**Ключевые слова:** эпоксидный композит; нанонаполнитель; модификация; наноалмазы; нитрид алюминия, аминокислотная кислота.

**Кіріспе.** Эпоксидті шайыр негізіндегі композиттер әртүрлі өнеркәсіптік қолданбаларда жоғары бағаланады, себебі олардың қасиеттерінің ерекше үйлесімі, соның ішінде жоғары диэлектрлік сипаттамалары, механикалық беріктігінің жоғарылауы, суға төзімділігі, агрессивті ортаға төзімділігінің жоғары болуы, минималды тор түзілу кезіндегі шөгуді және әртүрлі материалдарға күшті адгезиясы байқалады. Бұл атрибуттар эпоксидті композиттерге минералды байланыстырғыштар мен полиэфир, фуран және мочевиная негізіндегі материалдар сияқты басқа

синтетикалық шайырлардан тұратын дәстүрлі композициялардан асып түсуге мүмкіндік береді [1,2]. Бұл композиттерді белгілі бір өнімділік талаптарына бейімдеу үшін көбінесе пластификаторлар мен толтырғыштар қосылады. Пластификаторлар полимерлі материалдарға серпімділік береді және олардың шыныға өту температурасын өзгертеді, ал толтырғыштар композиттердің механикалық және физика-химиялық қасиеттерін арттырады.

Әртүрлі модификациялаушы қоспалар мен

толтырғыштары қосу полимерлі композиттік материалдардың және олардан алынатын өнімдердің функционалдық сипаттамаларын жақсартудың кеңінен таралған стратегиясы болып табылады [3-5]. Маңызды зерттеу жұмыстары полимерлі матрицаны әртүрлі минералды толтырғыштармен өзгерту арқылы жаңа эпоксидті композиттерді жасауға бағытталған [6-9]. Жиі қолданылатын минералды ұсақ дисперсті толтырғыштарға тальк, базальт және хромит жатады. Дегенмен, минералды толтырғыштар мен полимерлі матрицалар арасындағы адгезияның төмендігіне, сондай-ақ минералды материалдардың агломерацияға бейімділігіне байланысты қасиеттердің күтілетін жақсаруы жиі күткендей болмайды.

Эпоксидті матрицаға спецификалық қасиеттері бар нанотолтырғыштарды енгізу арқылы полимерлі композициялардың наноқұрылымдық сипаттамаларын бақылау арқылы бейімделген қасиеттері бар композиттерді құру әлеуеті функционалды полимерлі материалдардың ассортиментін кеңейтудің перспективалы жолы болып табылады [10-12]. Бұл тәсіл эпоксидті шайырлардың сынғыштығы сияқты мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, осылайша берік және бейімделгіш композиттік материалдарды жасауға мүмкіндік береді. Осы саладағы жүргізіліп жатқан зерттеулер полимерлі композиттердің жаңа мүмкіндіктерін ашу үшін, әсіресе өнеркәсіптік талаптарға сәйкес болуы өте маңызды.

Полимерлі нанокompозиттердің қасиеттерін едәуір арттырудың негізгі міндеті полимер матрицасында нанобөлшектердің толық дисперсиясына қол жеткізу болып табылады. Өтпелі немесе трансшекаралық қабат деп аталатын үлкен фазааралық аймақтың пайда болуы нанобөлшектердің біркелкі таралуын қиындатады, бұл агрегацияға әкеледі. Бұл композиттік материалдың біркелкі емес қасиеттеріне және өнімділігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан нанобөлшектердің біртекті дисперсиясына қол жеткізу нанокompозиттік материалдардың артықшылықтарын толық жүзеге асыру үшін өте маңызды.

Осы мәселені шеше отырып, нанокompозиттердегі қазіргі зерттеулердің көпшілігі біркелкі

таралуға қол жеткізу және агрегацияның алдын алу үшін нанобөлшектерді өңдеу мен таратудың тиімді стратегияларын әзірлеуге бағытталған [3-5]. Бұл стратегиялар көбінесе матрица мен нанобөлшектердің өзара әрекеттесуін жақсартуға бағытталған озық әдістерді қамтиды, осылайша нанокompозиттің жалпы қасиеттерін жақсартады.

Нанобөлшектердің агрегациясын азайту және адгезиялық қасиеттерін жақсарту үшін наноматериалдарды функционализациялау және композиттерді физикалық түрлендірудің тиімді әдістерін жасау өте маңызды. Толтырғыш бетін толтырғыш пен полимер матрицасы арасындағы химиялық әрекеттесулерді жеңілдететін қосылыстармен функционализациялау толтырғыштың полидисперстілігін төмендетіп, эпоксидті композиттердің физикалық-механикалық қасиеттерін жақсарты алады [13,14]. Аминсірке қышқылы олигомердің эпоксидті топтарымен және нанотолтырғыштармен әрекеттесетін карбон топтарымен әрекеттесетін амин топтарының арқасында тиімді функционализациялаушы агент болып шықты.

Полимер матрицасындағы нанотолтырғыштардың тиімді дисперсиясын қамтамасыз ету полимер байланыстырғыштың едәуір бөлігінің шекаралық қабатқа, тіпті толтырғыштың төмен концентрациясында (1%-дан аз) өтуін жеңілдетуі мүмкін. Мысалы, эпоксидті матрицаға тек 1% аммиак-су функционалды графен оксидін қосу композиттің созылу беріктігін де, иілу беріктігін де екі есе арттыратыны көрсетілген. Сонымен қатар, композиттің созылу модулі толтырылмаған эпоксидті полимермен салыстырғанда 1,5 есе өсті, бұл нанотолтырғыштың механикалық сипаттамасына айтарлықтай әсерін көрсетеді [15].

Тағы бір зерттеуде зерттеушілер полимерлі матрицаны полиэфирамин және алюминий нитридiмен (AlN) жұмыс істейтін графеннің кванттық нүктелерімен өзгерту арқылы композиттің жылу өткізгіштігін арттырды. Осы функционалды наноматериалдардың 20% - н қосу жылу өткізгіштіктің бастапқы өзгертілмеген матрицадан 6,89 есе жоғары мәніне әкелді [16]. Бұл нанотолтырғыштардың механикалық қасиеттерін жақсарту үшін ғана емес, сонымен қатар жы-

лулық сипаттамаларын арттыру үшін де әлеуетін көрсетеді, бұл материалдарды жылуды тиімді таратуды қажет ететін қолданбалар үшін қолайлырақ етеді.

Осыған ұқсас жетістіктерге басқа зерттеулерде де қол жеткізілді, мысалы, AlN және BN гибриді толтырғыштарын пайдалану, ол эпоксидті жабынның жылу өткізгіштігін 46 есе арттырды, сонымен бірге 22,56 ppm/°C төмен термиялық кенею коэффициентін сақтайды [17].

Сонымен қатар, наноалмаздар (НА) жоғары беріктігі, жоғары жылу өткізгіштігі, тамаша оптикалық қасиеттері және биоүйлесімділігі арқасында матрицаны өзгертетін құнды компонент ретінде пайда болды. Зерттеулер көрсеткендей, НА функционализациясы композиттік материалдардың жылу өткізгіштігін де, сынуға төзімділігін де айтарлықтай жақсартуға алады, бұл механикалық сипаттамаларын жақсартуға жақсы дисперсті наноқұрылымдардың тиімділігін көрсетеді [18, 19-20].

Осы жетістіктерге қарамастан, толтырғыштың төменірек концентрациясында және жергілікті өндірістің үнемді материалдарын пайдалана отырып, қажетті қасиеттерді жақсарту мәселелері әлі де қалып отыр. Нанотолтырғыштарды пайдалануды оңтайландыру және өнімділікті жақсартуды экономикалық және практикалық ойлармен теңестіретін өңдеу әдістерін әзірлеу үшін қосымша зерттеулер қажет. Зерттелетін тәсілдердің бірі полимер матрицасымен үйлесімділікті жақсарту және тиімді дисперсияны қамтамасыз ету үшін нанотолтырғыштарды аминсірке қышқылымен химиялық модификациялау болып табылады. Нанотолтырғыштардың нақты модификациясына назар аудару отырып және олардың полимер матрицасымен өзара әрекеттесуін түсіне отырып, бұл зерттеу алдыңғы зерттеулердің шектеулерін еңсеруге және жоғары өнімділікті үнемділікпен және өңдеудің қарапайымдылығымен үйлестіретін композиттік материалдарды әзірлеуге бағытталған.

Осы жұмыста зерттелетін зерттеу бағыттарының бірі аминсірке қышқылымен химиялық түрлендірілген нанотолтырғыштардың аз мөлшерін енгізу арқылы эпоксидті шайыр негізіндегі

полимерлі матрицаның айтарлықтай нығаюына қол жеткізуді қамтиды. Нанотолтырғыштардың нақты модификациясына назар аудару отырып және олардың полимер матрицасымен өзара әрекеттесуін түсіне отырып, бұл зерттеу алдыңғы зерттеулердің шектеулерін еңсеруге және жоғары өнімділікті үнемділікпен және өңдеудің қарапайымдылығымен үйлестіретін композиттік материалдарды әзірлеуге бағытталған. Бұл тәсіл күштірек және берік қана емес, сонымен қатар қауіпсіз және экологиялық таза озық материалдарды жасауға мүмкіндік береді.

**Материалдар мен әдістер.** ЭД-20 эпоксидті шайыры chimex Limited (Санкт-Петербург, Ресей) компаниясынан алынды. Амин түріндегі қатайтқыш - chimex Limited компаниясы шығарған полиэтилен полиамині (ПЭПА). 95-99% таза-лық дәрежесі бар трихлоропропилфосфат – пластификатор (ТХПФ) Xuancheng City Trooyawn Refined Chemical Industry Co Компаниясынан алынды., Ltd. (Қытай).

Бұл зерттеудегі эпоксидті композицияның құрамы эксперименттік сынақтар арқылы мұқият оңтайландырылды. Эпоксидті олигомердің пластификатор мен қатайтқышқа қатынасы салмағы бойынша 100 бөлік (м.ү.) ЭД-20, 40 м.ү. ТХПФ және 15 м.ү. ПЭПА [21,22]. Бұл нақты тұжырым композицияның механикалық беріктіктің, термиялық тұрақтылықтың және отқа төзімділіктің қажетті тепе-теңдігін көрсетуін қамтамасыз етеді.

Наноалмаздар (НА) және алюминий нитридтері (AlN) құрылымды өзгертетін бірегей әсерлерін пайдалану үшін салмағы бойынша 1%-ға дейін аз мөлшерде қосылды.

Нанотолтырғыштар мен эпоксидті матрица арасындағы өзара әрекеттесуді одан әрі күшейту үшін толтырғыш нанобөлшектерінің беті аминсірке қышқылының (АСК) көмегімен функционалдандырылды (VitaReactiv LLC, Держинск, Ресей). Наноалмаздар мен алюминий нитридінің беті аминсірке қышқылымен өңделген. Осы мақсатта ультрадыбыстық гомогенизатордың көмегімен 50 мл H<sub>2</sub>O-аминсірке қышқылының ерітіндісінде 15 минут ішінде 0,25 г тиісті толтырғыш дисперсті болды; аминсірке қышқылы-

ның концентрациясы 2,5%, 5,0%, 7,5% және 10,0% құрады. Содан кейін суспензияны 12 сағат бойы 100 айн/мин жылдамдықпен тұрақты төмен жылдамдықта араластыра отырып 80°C температурада рефлюкске ұшырады. Нанотолтырғыш бөлшектерінің айналасындағы артық аминсірке қышқылын кетіру үшін суспензия центрифугадан өткізіліп, тазартылған сумен екі рет жуылды. Содан кейін алынған өнім 80 °C температурада 5 сағат кептірілді.

Таралу біркелкілігін арттыру және НА және АIN бөлшектерінің агрегациясын болдырмау, сондай-ақ олардың беті мен байланыстырғышын белсендіру үшін композицияны ультрадыбыстық өңдеу қолданылды. Ультрадыбыстық өңдеу параметрлері: жиілігі-22±2 кГц, қуаты - 400 Вт, ұзақтығы - 60 мин. Қоспа вакуумда 25 ± 5 °C температурада 30 минут ішінде газсыздандырылды.

НА және АIN бөлшектерінің морфологиясы Tescan Vega 3 SBH сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді (Брно, Чехия).

Созылу және иілу беріктігін анықтау үшін Time Group Inc компаниясы шығарған WDW-5E сынақ машинасы пайдаланылды (Пекин, Қытай). Созылудың беріктік шегі және иілудің серпімділік модулін анықтау үшін үлгілер сәйкесінше 5 және 50 мм/мин жылдамдығымен сыналды. Иілу кезіндегі созылу беріктігі мен иілу кезіндегі серпімділік модулін анықтау үшін үлгілер [23] бойынша сыналды, сынақтар қалыңдығы 4 мм, ені 10 мм және жұмыс ұзындығы 80 мм блоктар түріндегі үлгілерде жүргізілді. Созылу беріктігінің шегі мен созылудың серпімділік модулін анықтау үшін үлгілер [24] сәйкес сыналды, сынақтар қалыңдығы 4 мм, ені 10 мм және жұмыс бөлігінің ұзындығы 50 мм шпатель түріндегі үлгілерде жүргізілді. Соққыға төзімділігін анықтау үшін [25] сәйкес LCT-50D сынақ станді (Beijing United Test Co., Ltd.), Пекин, Қытай) пайдаланылды.

Вик бойынша жылуға төзімділікті [26] әдісіне сәйкес анықтады, B50 әдісі – жүктеме 50 Н; температураның көтерілу жылдамдығы 50 °C/сағ. Термогравиметриялық талдау Q-1500D дериватографында (Будапешт, Венгрия) жүргізілді. Салмағы 100 мг үлгілер 10°C/мин жылдамды-

қпен 800°C дейін қыздырылды. Талдау ауада жүргізілді және салыстырмалы қателік 1% - дан аспады. Бұл талдауда үлгілерді қыздыру кезінде массаның өзгеруі, массаның өзгеру жылдамдығы және жылу эффектілері зерттелді.

Қатайту процестерінің кинетикасын дифференциалды сканерлеуші калориметрия (ДСК) әдісімен «ДТАС-1300» құралында келесі шарттарда зерттелді: сынама массасы - 20 мг, қыздыру аралығы - 400°C дейін, қыздыру жылдамдығы - минутына 16 градус. ДСК әдісінен басқа,  $G = f(\tau, T)$  тәуелділігін сызу арқылы құрылымның қалыптасу процестерін зерттеу үшін термометриялық әдіс қолданылды, мұндағы  $\tau$ -процестің ұзақтығы (м); T-температура (C). Бұл талдауда объектілердің жылудан оқшаулануы қамтамасыз етілді. Бұл жылу берудің қатаю процесіне әсерін зерттеуге мүмкіндік берді.

Эпоксидті нанокомпозиттерді сынау келесі әдістерді қолдану арқылы жүргізілді:

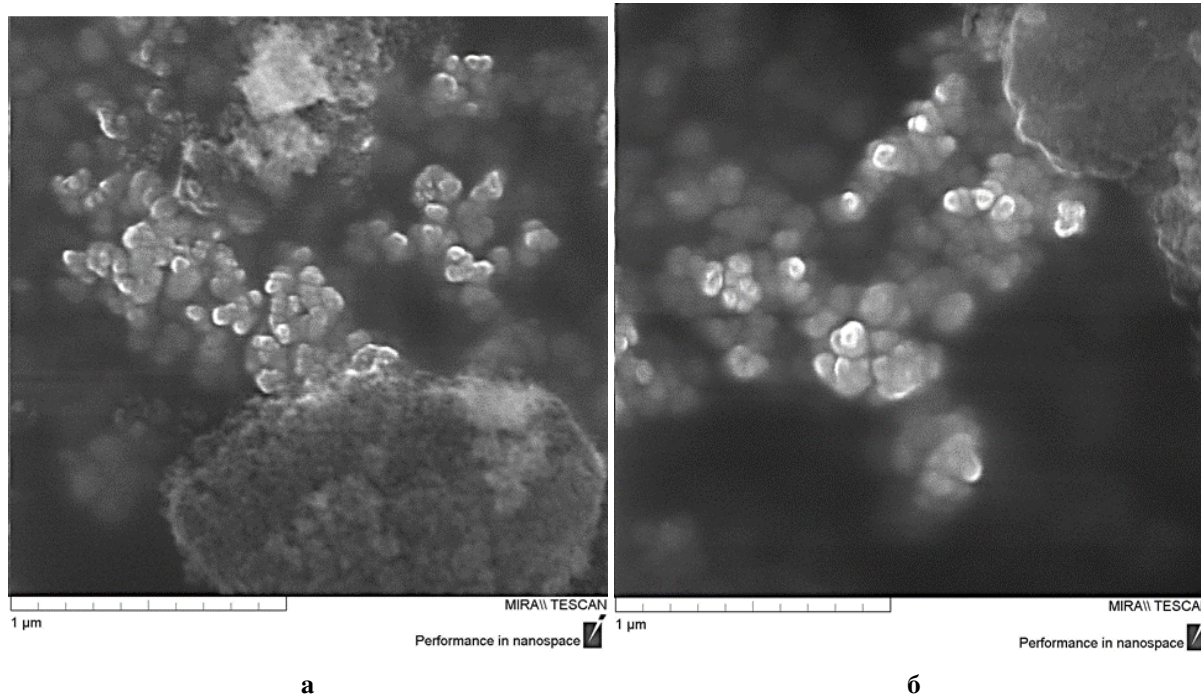
- иілу кезіндегі иілу кернеуін және серпімділік модулін анықтау [27],
- созылу кезіндегі беріктік шегі және серпімділік модулін анықтау [24];
- соққыға төзімділікті анықтау [25];
- Вик бойынша жылуға төзімділігін анықтау [26];
- жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау ITP-MG4 "100" құрылғысында жүргізілді [28];
- эпоксидті құрамның қатаю кинетикасын анықтау [29] сипатталған әдіс бойынша жүргізілді.

**Нәтижелер және талқылау.** Наноалмаз және алюминий нитридінің SEM кескіндері 1-суретте көрсетілген. Наноалмаз бөлшектері сфералық морфологияны көрсетеді (1a-сурет). Құрылымдық жағынан бұл бөлшектер көміртегі құрамдас бөлігі ретсіз көміртегі қабығымен қоршалған алмаз өзегінен тұратын алып молекулаларға ұқсайды. Бұл қабық одан әрі беткі көміртегі атомдарының компенсацияланбаған валенттіліктерінде локализацияланған беттік функционалды топтармен байланысты. Наноалмаздардың беткі қабатындағы полярлық топтардың көптігі олардың күрделі коллоидты-химиялық қасиеттеріне ықпал етіп, бөлшектердің едәуір агломерациясына әкеледі.



Бұл агломерация 500-ден 1000 нм-ге дейінгі өлшемдегі, ал жеке бөлшектердің өзі 10-50 нм наноөлшемді диапазонда қалады. AlN бөлшектері (1b-сурет) өлшемі 500-ден 2000 нм-ге дейінгі үлкен агрегаттар түрінде пайда болады, олар өлшемдері 100-ден 300 нм-ге дейінгі қабыршақ тәрізді ұсақ бөлшектерден тұрады. Бұл ұсақ бөлшектер олардың дұрыс емес пішінді жиектерімен сипатталады.

Зерттелетін наноматериалдар бөлшектерінің өлшемдері мен құрылымын талдау агломерацияға айқын бейімділікті анықтады, бұл осы бөлшектерді қамтитын полимерлі композиттердің беріктік сипаттамаларының минималды жоғарылауына әкелуі мүмкін. Бұл нәтижелер агломерацияны азайту және полимер матрицасы/нанобөлшек шекарасында химиялық әрекеттесулерді күшейту үшін нанобөлшектерді функционализациялаудың маңыздылығын көрсетеді.



**1-сурет. Наноалмаз (а) және алюминий нитридінің (б) бөлшектерінің СЭМ бейнелері. 100 000 есе үлкейтілген**

Модификациялайтын қоспалардың торлы полимерлерге әсерін бағалау кезінде қатаю процесі наноалмаздар (НА) және алюминий нитридтері (AlN) сияқты қатты материалдардың дамыған беті болған кезде жүретінін ескеру қажет. Бұл қатты беттер қатаю кезінде полимерлену реакциясының кинетикалық сипаттамаларына, сондай-ақ материалдың фазалық құрылымының қалыптасуына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бұл процестерде олигомерлі компоненттер мен НА және AlN -нің қатты беттері арасындағы адсорбциялық өзара әрекеттесу шешуші рөл атқарады. Қатаю кезінде құрылымның түзілуіне таза және моди-

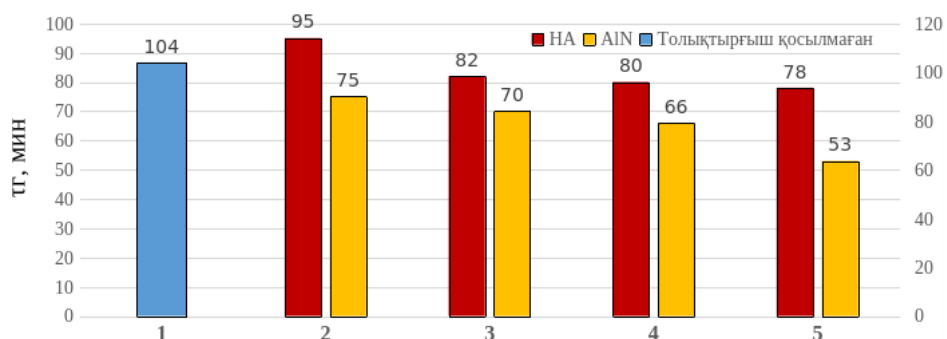
фикацияланған НА және AlN-нің әсері байқалды (2-сурет).

Эпоксидті құрамға таза НА қосу полимерлену процесін жылдамдатуға әкелді, бұл гельдену уақытының 104-тен 95 минутқа дейін (2а-сурет) және қатаю уақыты 146-дан 142 минутқа дейін (2б-сурет) қысқаруымен, сонымен қатар өздігінен қызудың максималды температурасының 88-ден 110°C-қа дейін жоғарылауымен дәлелденді (2с-сурет). Полимерленудің бұлай үдетілуі жылудың көбірек бөлінуімен бірге, полимерлену процесіне НА белсенді қатысатынын болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, эпоксидті

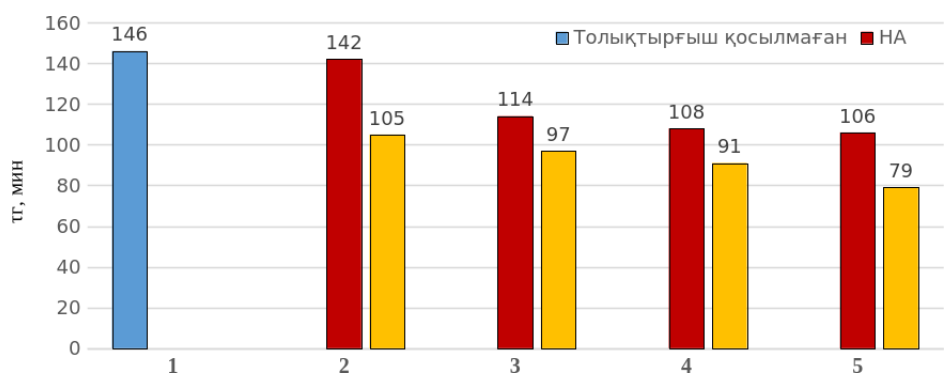


құрамға аминсірке қышқылымен функционалданған НА енгізілгенде, реакцияға қабілетті амин топтарының қатысуына байланысты полимерлеу процесі одан әрі жеделдетілді. Бұл гельдену уақытының 78-82 минутқа дейін қысқаруына және

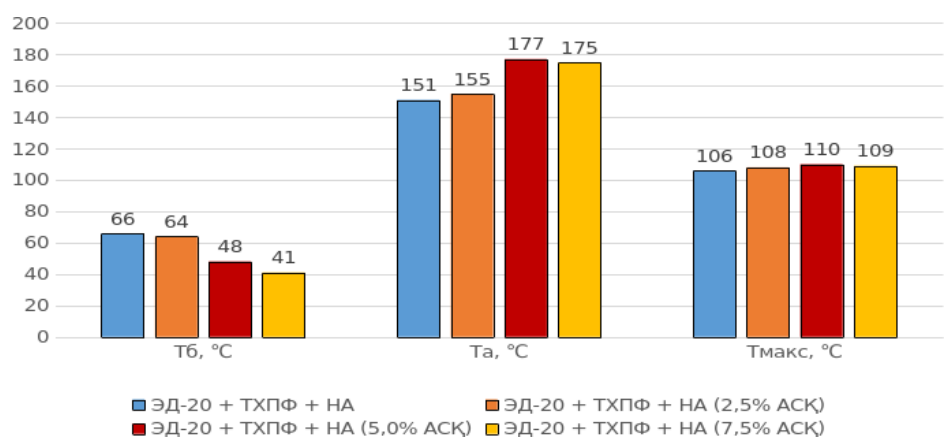
қатаю уақытының 106-114 минутқа дейін қысқаруына әкелді, өздігінен қызудың максималды температурасы 115-122°C дейін көтерілді (2а-с суреттер).



а



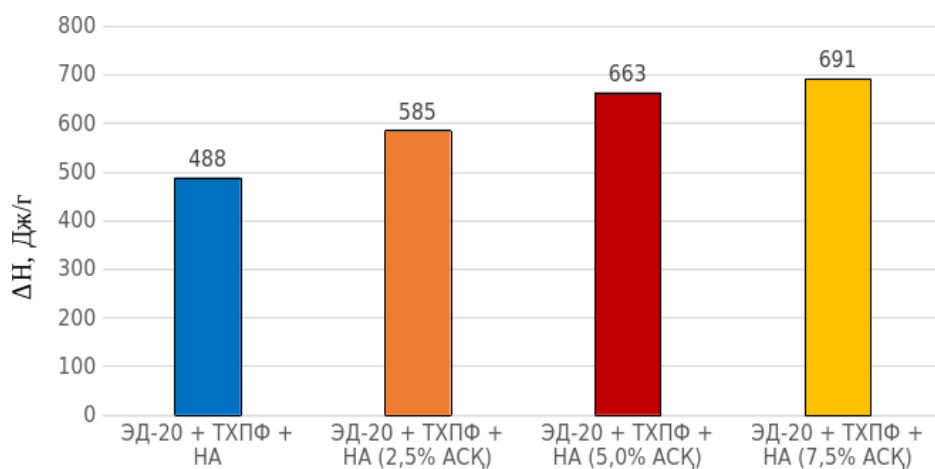
б



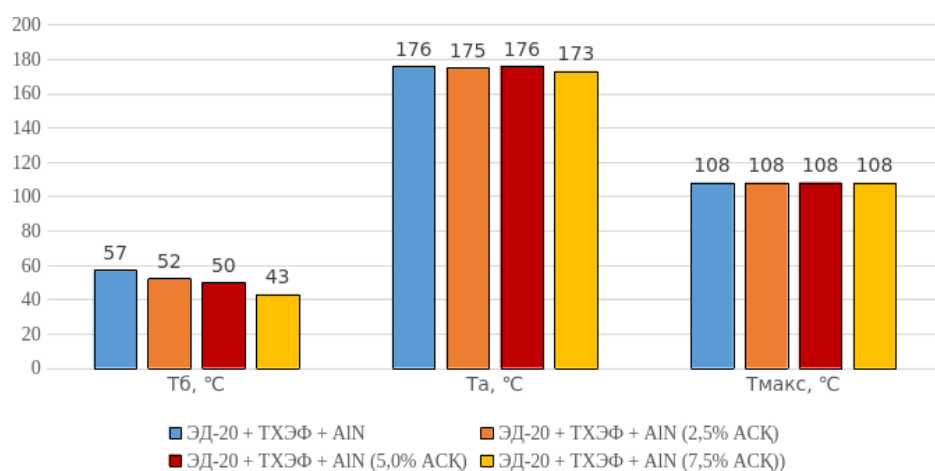
с

2 - сурет. Эпоксидті композициялардың қатаю процесінің сипаттамалары: а-гельдену уақыты, в-қатаю уақыты, с-қатаю кезінде үлгінің өздігінен қызуының максималды температурасы:

- 1 – ЭД-20 + ТХПФ + ПЭПА,  
 2 – ЭД-20 + ТХПФ + өңделмеген толтырғыш + ПЭПА,  
 3 – ЭД-20 + ТХПФ + толтырғыш (2.5% аминсірке қышқылы) + ПЭПА,  
 4 – ЭД-20 + ТХПФ + толтырғыш (5.0% аминсірке қышқылы) + ПЭПА,  
 5 – ЭД-20 + ТХПФ + толтырғыш (7.5% аминсірке қышқылы) + ПЭПА



а



б

3 - сурет. Наноалмазбен модификацияланған эпоксидті композиттердің қатаю процесінің сипаттамалары: а) қатаю процесінің басталу температурасы ( $T_6$ ), аяқталу температурасы ( $T_a$ ) және қатаю кезінде максималды жылу шығару температурасы ( $T_{\max}$ ); б) реакция энтальпиясы

Осы сияқты, эпоксидті құрамға таза АIN енгізу полимерлеу процесін тездетіп, гельдену уақытын 104-тен 75 минутқа дейін (2a-Сурет) және қатаю уақытын 146-дан 105 минутқа дейін (2b-сурет) қысқартты, сонымен бірге өздігінен қызудың

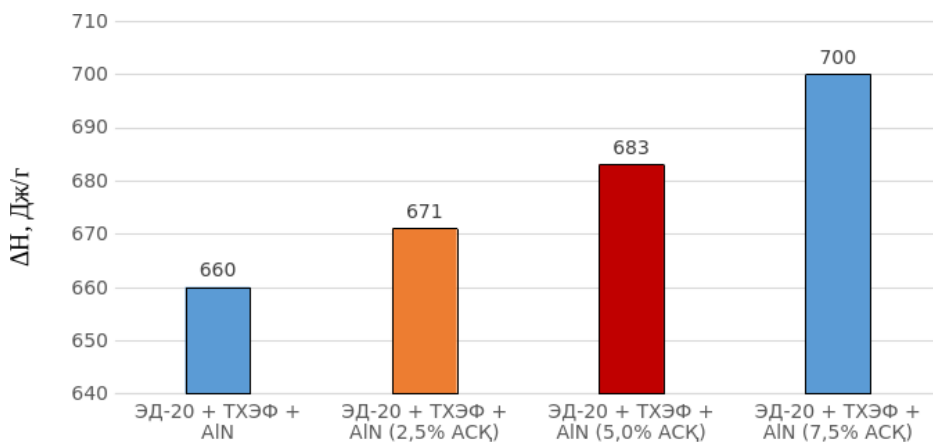
максималды температурасын 88-ден 105°C-қа дейін жоғарылатты (2c-сурет). Аминсірке қышқылымен функционалдандырылған АIN қосылған кезде полимерлеу процесі одан әрі жетілдірілді, бұл гельдену уақытының 53-70 минутқа

дейін және қатаю уақытының 79-97 минутқа дейін қысқаруымен және максималды өздігінен қыздыру температурасы 120-128°C дейін көтерілуімен қатар жүрді (2а-с суреттер).

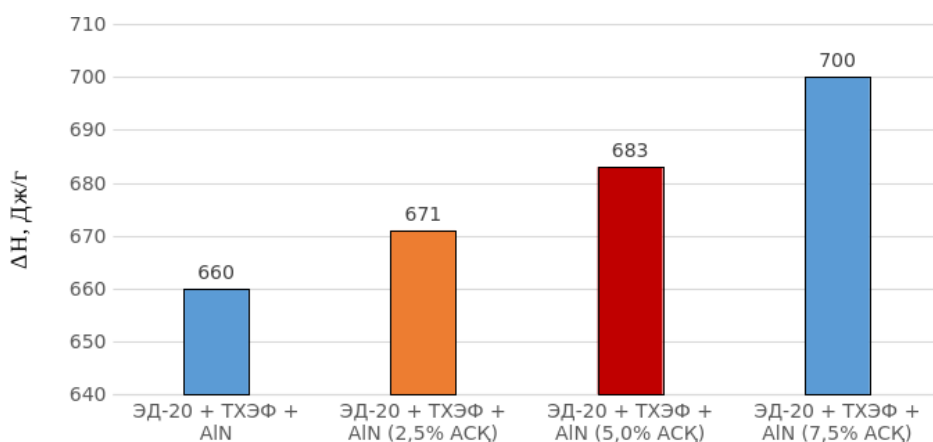
Алынған деректерді талдау құрамында модификацияланған НА және AlN бар эпоксидті композиттердегі амин сірке қышқылы концентрациясының жоғарылауы құрылымның түзілу процесін жеделдететінін көрсетеді, бұл тиімдірек қатаюға және термиялық қасиеттердің жақсаруына әкеледі.

Эпоксидті композиттердің қатаю кинетикасын термометриялық әдістерді қолдана отырып зерт-

теу нәтижесінде алынған мәліметтер негізінде бастапқы және модификацияланған наноалмаздар мен алюминий нитридінің қатаю кезінде құрылым түзілуіне әсері анықталды. Эпоксидті матрицаға аминсірке қышқылымен функционалдандырылған нанобөлшектерді қосу полимерлеу процесін едәуір жылдамдатады. Бұл жеделдету полимерлену реакциясына реакцияға қабілетті амин топтарының қатысуына байланысты геледену уақыты мен қатаю уақытының қысқаруымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, композициялардың өзін-өзі қыздыруының максималды температурасының жоғарылауы байқалды (3,4-суреттер).



а



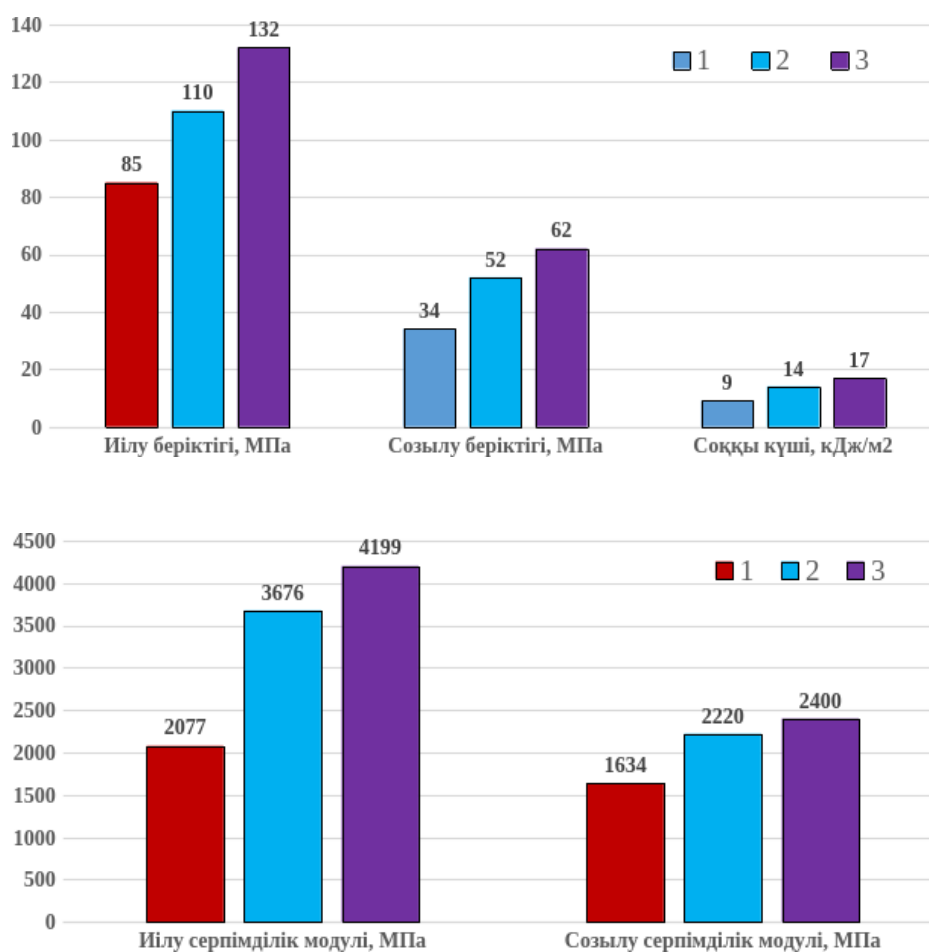
б

**4-сурет. AlN-мен модификацияланған эпоксидті композиттердің қатаю процесінің сипаттамалары: а) қатаю процесінің басталу ( $T_0$ ), аяқталу ( $T_a$ ) температуралары және қатаю кезінде максималды жылу шығару температурасы ( $T_{\text{макс}}$ ); б) реакция энтальпиясы**

Деректерді одан әрі талдау аминсірке қышқылы концентрациясының жоғарылауы модификацияланған нанобөлшектері бар эпоксидті композиттердегі құрылымның түзілу жылдамдығын арттыратынын көрсетеді. Бұл нәтижелер дифференциалды сканерлеу калориметриясымен расталады, бұл эпоксидті құрамға аминсірке қышқылымен өңделген наноалмаздарды енгізу қатаю реакциясының энтальпиясын 488 Дж/г-ден 588-691 Дж/г диапазонына дейін арттыратынын көрсетеді. Энтальпияның бұл жоғарылауы, қатаюдың басталу температурасының 66°C-тан 41-64°C-қа дейін төмендеуімен бірге (3-суретте көр-

сетілгендей), функционалданған нанобөлшектермен жеңілдетілген қатаю процесінің басталуы мен жеделдеуін растайды.

Эпоксидті құрамға аминсірке қышқылымен өңделген алюминий нитридінің қосылуы қатаю реакциясының энтальпиясын 660 Дж/г-ден 671-700 Дж/г диапазонға дейін айтарлықтай жоғарылатуға алып келеді. Бұл модификация сонымен қатар қатаю процесін тиімдірек бастайды, бұл қатаюдың басталу температурасының 57°C-тан 43-52°C диапазонына дейін төмендеуімен дәлелденеді (4-суретті қараңыз).



**5-сурет. Эпоксидті композиттердің қасиеттері: 1-ЭД-20+ТХПФ+ПЭПА; 2-ЭД-20+ТХПФ+НА + ПЭПА; 3 - ЭД-20+ТХПФ+НА (аминсірке қышқылы)+ПЭПА**

Дифференциалды сканерлеу калориметриясын қолдана отырып, эпоксидті композициялар бойынша зерттеу нәтижелерін талдау эпоксидті құрамға аминсірке қышқылымен жұмыс істей-

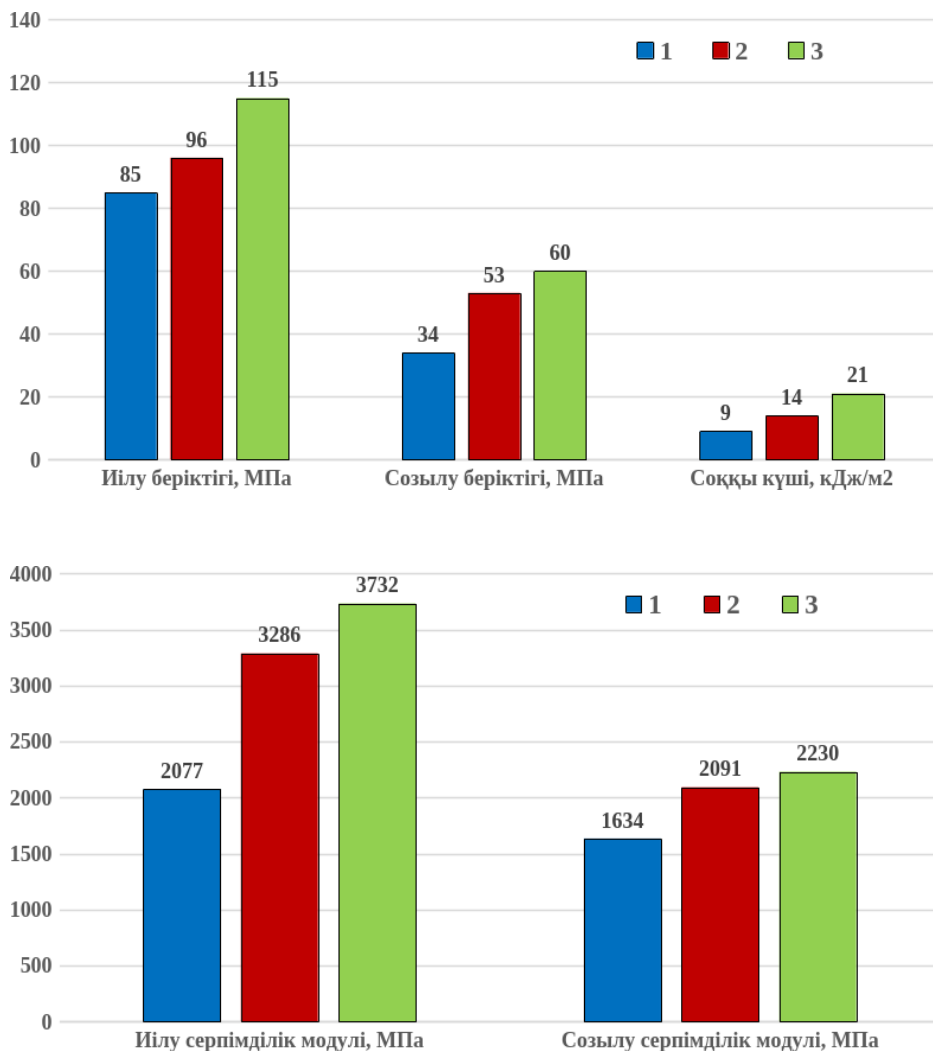
тін нанобөлшектерді қосу полимерлеу процесін күшейтетінін көрсетеді. Бұл полимерлену реакциясына реакцияға қабілетті амин топтарының қатысуына байланысты, және ол қатаюдың ба-

стапқы температурасының төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, полимерлену реакциясының жылдық әсерінің жоғарылауы байқалады. Сондай-ақ, аминсірке қышқылының жоғары концентрациясы модификацияланған нанобөлшектері бар эпоксидті композиттер құрылымының түзілуін тездетеді.

5 және 6-суреттерде наноалмаз (НА) және алюминий нитридінің (AlN) бөлшектері бар эпоксидті нанокомпозиттердің деформациялық және беріктік сипаттамалары көрсетілген.

Эпоксидті матрицаға НА қосу оның механикалық қасиеттерін айтарлықтай жақсартады.

Иілу беріктігі бастапқы эпоксидті полимердегі 85 МПа-дан 110 МПа-ға дейін, серпімділік модулінің 2077 МПа-дан 3676 МПа-ға дейін айтарлықтай өсуімен бірге жүреді. Сонымен қатар, созылу беріктігі 34 МПа-дан 52 МПа-ға дейін көтеріледі, сәйкесінше созылу кезіндегі серпімділік модулінің 1634 МПа-дан 2220 МПа-ға дейін жоғарылауы байқалады. Бір қызығы, эпоксидті полимерлер үшін маңызды болып табылатын соққыға төзімділік те жақсарады, соққы күші 9 кДж/м<sup>2</sup>-ден 14 кДж/м<sup>2</sup>-ге дейін артады (5-сурет). Соққыға төзімділіктің бұл жоғарылауы эпоксидті композиттердің сынғыштығын ескере отырып, олардың дәстүрлі түрде қолданылуын шектейді.



6-сурет. Эпоксидті композиттердің қасиеттері: 1 - ЭД-20 + ТХПФ + ПЭПА; 2 - ЭД-20 + ТХПФ + AlN + ПЭПА; 3 - ЭД-20 + ТХПФ + AlN(аминсірке қышқылы) + ПЭПА



Сонымен қатар, эпоксидті композицияға аминсірке қышқылымен өңделген НА қосу композиттің тасымалдау сипаттамаларын одан әрі арттырады. Бұл өңдеу иілу беріктігінің 132 МПа-ға дейін айтарлықтай артуына әкеліп соғады, ал иілу кезінде серпімділік модулі 4199 МПа-ға дейін артады. Созылу беріктігі де 62 МПа-ға дейін артады, созылу кезіндегі серпімділік модулі 2400 МПа-ға жетеді, ал соққыға төзімділік  $17,2 \text{ кДж/м}^2$ -ге дейін айтарлықтай жақсарады.

6-суретте алюминий нитриді (AlN) қосылған эпоксидті нанокомпозиттер үшін ұқсас мәліметтер келтірілген. AlN енгізу композиттің механикалық қасиеттерін жақсартады. Иілу беріктігі бастапқы эпоксидті полимердегі 85 МПа-дан 96 МПа-ға дейін артады, ал серпімділік модулі 2077 МПа-дан 3286 МПа-ға дейін артады. Созылу беріктігі де 34 МПа-дан 53 МПа-ға дейін жақсартады, созылу кезіндегі серпімділік модулі 1634 МПа-дан 2091 МПа-ға дейін артады. Соққы күші  $9 \text{ кДж/м}^2$ -ден  $14 \text{ кДж/м}^2$ -ге дейін айтарлықтай артады.

AlN-н аминсірке қышқылымен өңдеп, эпоксидті құрамға қосқанда, алынған нанокомпозиттер жоғары механикалық қасиеттерді көрсетеді. Атап айтқанда, иілу беріктігі 115 МПа-ға дейін артады, иілу кезінде серпімділік модулі 3732 МПа-ға дейін көтеріледі, созылу беріктігі 60 МПа-ға жетеді, созылу кезіндегі серпімділік модулі 2230 МПа-ға дейін артады, ал соққы беріктігі  $21,0 \text{ кДж/м}^2$ -ге дейін артады.

Нанобөлшектердің құрылымдық әсері қоспалардың шағын деңгейлерінде де айқын көрінеді. Полимерлер табиғаты бойынша микрогетерогенді болып табылады, олардың құрамында тығыз оралған, реттелген аймақтар да, әлсіз, ақаулы аймақтар да бар. Наномодификаторлар осы ақаулы аймақтарда локализациялануға бейім, олар маңызды құрылымды-модификациялаушы рөл атқаруы мүмкін. Бұл локализация полимер тізбектерінің қозғалғыштығын арттыра отырып, полимердің кинетикалық ынталандырылған реттелуіне ықпал етеді және тығыз орауға мүмкіндік береді.

**1-кесте. Нанобөлшектердің және аминқышқылының әртүрлі концентрацияларының эпоксидті нанокомпозиттердің жылулық төзімділігіне әсері**

Композит құрамы, м.ү., (15 м.ү. ПЭПА қатайтылған)	Жылуға төзімділік температурасы, оС
100ЭД-20 + 40ТХПФ	110
НА мен модификацияланған эпоксидты құрамдар	
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,01НА	132
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05НА	136
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,10НА	142
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,50НА	146
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА (2,5% аминсірке қышқылы)	146
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА (5,0% аминсірке қышқылы)	156
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА (7,5% аминсірке қышқылы)	166
AlN мен модификацияланған эпоксидты құрамдар	
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,01AlN	148
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05AlN	152
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1AlN	154
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,5AlN	168
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05 AlN (2,5% аминсірке қышқылы)	160
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05 AlN (5,0% аминсірке қышқылы)	174
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,05 AlN (7,5% аминсірке қышқылы)	182

Энергетикалық тұрғыдан алғанда, эпоксидті композиттерді нанобөлшектерді (НА және AlN) енгізу арқылы күшейту материалды жоюға қажетті энергияның жоғарылауымен түсіндіріледі. Энергияның бұл ұлғаюы жарықшақтың айналасындағы нанобөлшектер ағынымен және жарықшақ фронтының ұзаруына байланысты жарықшақ жолының бойында жаңа беттің пайда болуымен байланысты.

Нанобөлшектердің әртүрлі концентрацияларының әсерінің жиынтық нәтижелері, сондай-ақ аминқышқылының әртүрлі концентрацияларымен функционалданған нанобөлшектердің эпоксидті нанокөпозиттердің жылулық төзімділігіне әсері 1-кестеде көрсетілген.

Эпоксидті құрамға 0,01-ден 0,5 Вт-қа дейінгі мөлшерде таза наноалмаздарды енгізу эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін 110°C-тан 132-146°C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, аминсірке қышқылымен өңделген наноалмаздарды қосу эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін тиімдірек арттыруды қамтамасыз етеді, ал наноалмаздарды өңдеу үшін қолданылатын аминсірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, эпоксидті

нанокөпозиттің ыстыққа төзімділігі соғұрлым жоғары болады. Аминсірке қышқылының концентрациясын 2,5% - дан 7,5% - ға дейін арттыру құрамында 0,1м.ү. НА бар эпоксидті композицияның ыстыққа төзімділігін 142°C-тан 146-166°C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді, (1-кесте).

Эпоксидті құрамға 0,01-ден 0,5 м.ү.-ке дейінгі мөлшерде таза AlN енгізу эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін 110 ° C-тан 148-168 ° C-қа дейін арттырады. Сонымен қатар, AlN өңдеу үшін қолданылатын аминсірке қышқылының концентрациясы неғұрлым жоғары болса, эпоксидті нанокөпозиттің ыстыққа төзімділігі соғұрлым жоғары болады. Осылайша, аминсірке қышқылының концентрациясын 2,5% - дан 7,5% - ға дейін арттыру құрамында 0,05 м.ү. AlN бар эпоксидті композиттің ыстыққа төзімділігін 152 °C-тан 160-182 °C-қа дейін арттыруды қамтамасыз етеді (1-кесте).

Эпоксидті нанокөпозиттердің термиялық тұрақтылығы термогравиметриялық талдау әдісімен зерттелді. Алынған мәліметтер 2-кестеде келтірілген.

**2-кесте. Эпоксидті нанокөпозиттерді термогравиметриялық зерттеу нәтижелері**

Композит құрамы, м.ү., (15 м.ү. ПЭПА қатайтылған)	T5%, °C	T30%, °C	T50%, °C	T70%, °C	800 °C температурадағы қалдық, салмағы %
100ЭД-20 + 40ТХПФ	190	279	385	515	5.10
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0.10НА	205	284	394	525	3.70
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0,1НА (5.0% аминсірке қышқылы)	216	291	412	536	5.20
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0.05AlN	200	281	392	518	4.85
100ЭД-20 + 40ТХПФ + 0.05AlN (5.0% аминсірке қышқылы)	214	290	410	534	5.51

*Ескерту: T<sub>5%</sub>, T<sub>30%</sub>, T<sub>50%</sub> және T<sub>70%</sub> сәйкесінше 5%, 30%, 50%, 70% масса жоғалту кезіндегі температуралар.*

Алынған деректерді талдау көрсеткендей, аминсірке қышқылымен функционалданған наноалмаз бөлшектері мен алюминий нитридін енгізу эпоксидті композиттің ыдырауының бастапқы температурасының жоғарылауын қамтамасыз етеді, бұл t5% индексінің сәйкесінше

190°C-тан 216°C-қа дейін және 190°C-тан 214°C-қа дейін жоғарылауымен расталады. Сонымен қатар, эпоксидті композитке аминсірке қышқылымен өңделген НА және AlN қосылуы эпоксидті нанокомпозиттердің термиялық тұрақтылығын арттыратыны анықталды, бұл T30%, T50% және T70% жоғарылауымен расталады (2-кесте). НА және AlN енгізу 800°C температурада көміртегі қалдықтарының айтарлықтай өсуіне әкелмейтіні анықталды.

**Қорытынды.** Бұл зерттеу таза және модификацияланған нанотолтырғыштардың, атап айтқанда алюминий нитриді (AlN) мен наноалмаздардың (НА) эпоксидті композит құрылымының қалыптасу процестеріне айтарлықтай әсер ететінін және гельдену мен қатаю уақытын дәл реттеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді. Нанобөлшектердің беттерін функционализациялау, әсіресе аминсірке қышқылымен (глицин) өңдеу, қатаю процестерінің тиімдірек басталуына ықпал етеді, бұл гельдену мен полимерлену уақытын қысқартады және жылулық әсерлерді арттырады. Дифференциалды сканерлеу калориметриясы (DSC) бойынша жүргізілген зерттеулер аминсірке қышқылымен функционалданған нанобөлшектерді эпоксидті матрицаға енгізу амин топтарының реакциялық қабілеттілігінің арқасында полимерлену процесін жеделдетіп қана қоймай, сонымен қатар полимерленудің жылулық әсерін күшейте отырып, қатаюдың бастапқы температурасын төмендететінін көрсетті.

Алынған эпоксидті композиттердің механикалық қасиеттері аминсірке қышқылымен өңделген наноалмаздар мен AlN қосу арқылы айтарлықтай жақсарады. Мысалы, таза наноалмаздары бар

композиттермен салыстырғанда өңделген наноалмаздары бар композиттердің беріктігі 20%-ға, иілу кезіндегі серпімділік модулінің 14% - ға, созылу беріктігінің 19% - ға, созылу кезіндегі серпімділік модулінің 8% - ға және соққыға төзімділігінің 21% - ға артқанын көрсетеді. Сол сияқты, өңделген AlN бар композиттердің беріктігі 20% - ға, иілу кезіндегі серпімділік модулінің 14% - ға, созылу беріктігінің 13% - ға, созылу кезіндегі серпімділік модулінің 6% - ға және соққыға төзімділігінің 50% - ға артқанын көрсетеді.

Нәтижелер эпоксидті композиттердің жалпы сипаттамаларын жақсартудағы аминсірке қышқылымен өңдеудің маңызды рөлін көрсетеді, өйткені өңделген нанотолтырғыштар өңделмеген нанотолтырғыштары барлармен салыстырғанда жоғары физикалық және механикалық қасиеттерге әкеледі. Сонымен қатар, нәтижелер таза немесе аминсірке қышқылымен модификацияланған НА және AlN нанобөлшектерінің қосылуы эпоксидті нанокомпозиттердің ыстыққа төзімділігі мен термиялық тұрақтылығын айтарлықтай жақсартатынын көрсетеді, ал аминсірке қышқылының жоғары концентрациясы осы қасиеттердің одан әрі жақсаруына байланысты екенін көрсетеді. Тұтастай алғанда, бұл зерттеу эпоксидті композиттердің сипаттамаларын оңтайландырудағы функционалды нанотолтырғыштардың тиімділігін көрсетеді, бұл болашақ материалды әзірлеу үшін құнды ақпараттар береді.

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары Білім Министрлігінің Ғылым Комитеті қаржыландырды (Грант № BR18574094).

## Әдебиеттер

1. Yu JH, Huo RM, Wu C, Wu XF, Wang GL, Jiang PK. Influence of interface structure on dielectric properties of epoxy/alumina nanocomposites // *Macromolecular Research*. 2012. – 20(8). – P. 816-826. DOI 10.1007/s13233-012-0122-2
2. Dagdag O., Safi Z., Hsissou R., Erramli H., El Bouchti M., Wazzan N., Guo L., Verma C., Ebenso E.E., El Harfi A. Epoxy pre-polymers as new and effective materials for corrosion inhibition of carbon steel in acidic medium: Computational and experimental studies // *Scientific Reports*. - 2019. - 9. - 11715. DOI 10.1038/s41598-019-48284-0
3. Piscitelli F., Scamardella, A.M., Romeo V., Lavorgna M., Barra G., Amendola E. Epoxy composites

- based on amino-silylated MMT: the role of interfaces and clay morphology // *Journal of Applied Polymer Science*. 2012. - Vol. 124. - P. 616 - 628. DOI 10.1002/app.35015
4. Prasad K.E., Das B., Maitra U., Ramamurty U., Rao C.N.R. Extraordinary synergy in the mechanical properties of polymer matrix composites reinforced with 2 nanocarbons // *Proceeding of the National Academy Sciences*.- 2009.- Vol. 106.- P.13186–13189. DOI 10.1073/pnas.0905844106
5. Solvent-free preparation of high-toughness epoxy-SWNT composite materials / J.M. González-Domínguez, A. Anson-Casaos, A.M. Díez-Pascual et al. // *ACS Appl Mater Interfaces*. - 2011. -Vol. 3(5). - P. 1441-1450. DOI 10.1021/am101260a
6. Liang M., Wong K.L. Study of mechanical and thermal performances of epoxy resin filled with micro particles and nanoparticles // *Energy Procedia*. 2017. -Vol. 110. - P.156-161. DOI 10.1016/j.egypro.2017.03.121
7. Bogdanova L.M., Lesnichaya V.A., Volkova N.N., Shershnev V.A., Irzhak V.I., Bukichev Yu.S., Dzhardimalieva G.I. Epoxy/TiO<sub>2</sub> composite materials and their mechanical properties // *Bulletin of the Karaganda University*. - 2020. -Vol. 99. - P.80-87. DOI10.31489/2020Ch3/80-87
8. El-Aouni N., Hsissou R., El Azzaoui J., El Bouchti M., Elbachiri A., Elharfi A., Rafik M. One-pot Synthesis of Trifunctional Epoxy Resin and its Nanocomposite: Investigation of Thermal and Rheological Properties // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. - 2021. -Vol. 11(4). - P.12403-12413. DOI 10.33263/BRIAC114.1240312413
9. Lian Z., Chen D. and Li Sh. Investigation on the Correlation between Dispersion Characteristics at Terahertz Range and Dielectric Permittivity at Low Frequency of Epoxy Resin Nanocomposites // *Polymers*. - 2022. -Vol. 14(4). DOI 10.3390/polym14040827
10. Liang M., Wong K.L. Electrical performance of epoxy resin filled with micro particles and nanoparticles // *Energy Procedia*. 2016. - 110. - P.162-167. DOI 0.1016/j.egypro.2017.03.122
11. Van C.D. Evaluation of an Epoxy-Based Nanosilicacomposite Lining in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solution for Anti-corrosion of Sewerage Concrete Structures // *Journal of Nanomaterials*. -2020. DOI 10.1155/2020/4090856
12. Wang X., Zhang Q., Zhang X., Li Z., Parkin I.P., Zhang Z. Modifying Epoxy Resins to Resist Both Fire and Water // *Langmuir*.- 2019.-Vol. 35(44).- P.14332-14338. DOI 10.1021/acs.langmuir.9b02761
13. Malekshahinezhad, K.; Ahmadi-khaneghah, A.; Behniafar, H. Amine-Functionalized TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Covalently Loaded into Epoxy Networks via Thermal and Microwave Curing Processes // *Macromol. Res*. -2020. -Vol. 28. - P. 567 - 572. DOI 10.1007/s13233-020-8067-3
14. Mozaffarinasab, H.; Jamshidi, M. Surface Modification of Carbon Nanotubes by a Bifunctional Amine Silane; Effects on Physical/Mechanical/Thermal Properties of Epoxy Nanocomposite // *Prog. Org. Coat*. - 2023. - Vol. 179. DOI 10.1016/j.porgcoat.2023.107521
15. Yung T.Y., Lu Y.C., Chen J.S., Cheng Y.W., Liu T.Y., Chen P.T. Reinforcement of Epoxy Resin by Additives of Amine-Functionalized Graphene Nanosheets // *Coatings*. - 2021. -Vol. 11. DOI 10.3390/coatings11010035
16. Zhang, D., Liu, F., Wang, S., Yan, M.; Hu, X., Xu, M. D-GQDs Modified Epoxy Resin Enhances the Thermal Conductivity of AlN/Epoxy Resin Thermally Conductive Composites // *Polymers*. - 2021. -Vol. 13. DOI 10.3390/polym13234074
17. Lee Sanchez, W.A.; Li, J.-W.; Chiu, H.-T.; Cheng, C.-C.; Chiou, K.-C.; Lee, T.-M.; Chiu, C.-W. Highly Thermally Conductive Epoxy Composites with AlN/BN Hybrid Filler as Underfill Encapsulation Material for Electronic Packaging // *Polymers*. -2022.-Vol.14 DOI 10.3390/polym14142950

18. Neitzel, I.; Mochalin, V.; Knoke, I.; Palmese, G.R.; Gogotsi, Y. Mechanical Properties of Epoxy Composites with High Contents of Nanodiamond // Compos. Sci. Technol. -2011. -Vol. 71.- P. 710- 716. DOI 10.1016/j.compscitech.2011.01.016
19. Schrand, A.M.; Hens, S.A.C.; Shenderova, O.A. Nanodiamond Particles: Properties and Perspectives for Bioapplications // Crit. Rev. Solid State Mater. Sci. -2009.-Vol. 34.-P. 18–74. DOI 10.1080/10408430902831987
20. Kim, S.-H.; Rhee, K.Y.; Park, S.-J. Amine-Terminated Chain-Grafted Nanodiamond/Epoxy Nanocomposites as Interfacial Materials: Thermal Conductivity and Fracture Resistance // Compos. Part B Eng. -2020. -Vol 192 (7755). DOI 10.1016/j.compositesb.2020.107983
21. Kalganova S., Arkhangel'skiy Yu., Lavrentyev V., Trigorly S., Artyukhov I., Stepanov S. Electro-technology of non-thermal modification of polymeric materials in a microwave electromagnetic field. // Electrotechnologies for Material Processing: material processing of XVIII International UIE-Congress, Hannover (Germany), June 6 - 9, 2017. 2017. С. 333-337.
22. Mostovoy, A.S., Nurtazina, A.S., Kadykova, Yu.A., Bekeshev, A.Z. Highly Efficient Plasticizers-Antipirenes for Epoxy Polymers // Inorganic Materials: Applied Research. -2019. -Vol 10(5). - P.1135-1139. DOI 10.1134/S2075113319050228
23. ISO 178: 2019; Plastics-Determination of Flexural Properties. ISO Committee: Geneva, Switzerland, 2019.
24. ISO 527-2:2012; Plastics-Determination of Tensile Properties-Part2: Test Conditions for Moulding and Extrusion Plastics. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2012.
25. ISO 179-1:2010; Plastics-Determination of Charpy Impact Properties-Part 1: Non-Instrumented Impact Test. ISO: Geneva, Switzerland, 2010.
26. ISO 306: 2004; Plastics-Thermoplastic materials - Determination of Vicat softening temperature (VST). ISO: Geneva, Switzerland, 2004.
27. ISO 178:2010; Plastics - Determination of flexural properties. ISO: Geneva, Switzerland, 2010.
28. ISO 22007-2: 2015; Plastics - Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity - Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method. ISO: Geneva, Switzerland, 2015.
29. Mostovoj A.S. Oligooksipropilenglikol' - jeffektivnyj plastifikator dlja jepoksidnyh polimerov // Voprosy materialovedeniya. -2015. -№ 4 (84). -S. 117-122. [in Russian]

*Авторлар туралы мәліметтер*

Тастанова Л.К.- химия ғылымдарының кандидаты, профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: lyazzatt@mail.ru;

Бекешев А.З.- физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: amirbek2401@gmail.com;

Мостовой А.С.- техникалық ғылымдардың кандидаты, қауымдастырылған профессор, Функционалды материалдар мен жүйелерді зерттеудің заманауи әдістері зертханасы, Ю.Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Саратов, Ресей, e-mail: mostovoy19@rambler.ru;

Жұмабекова А.К. - химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан, e-mail: zhumabekova\_ak@mail.ru;

Серікбаева Г.Д.- магистр, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: serikbaeva.82.82@mail.ru

*Information about the authors*

Tastanova L.K.- candidate of chemical sciences, professor, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: lyazzatt@mail.ru;




Bekeshev A.Z.- candidate of physical and mathematical sciences, professor, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: amirbek2401@gmail.com;

Mostovoy A.S.- candidate of technical sciences, associate professor, Laboratory of modern methods for the study of Functional Materials and systems, Saratov State Technical University named after Y. Gagarin, Saratov, Russia, e-mail: mostovoy19@rambler.ru;

Zhumabekova A.K.-candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, K. Kulazhanov Kazakh University of technology and business, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova\_ak@mail.ru;

Serikbaeva G. D.- Master, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: serikbaeva.82.82@mail.ru

**INFLUENCE OF CARBONISED RICE HUSK FILLER ON CHANGES IN DEFORMATION AND STRENGTH PROPERTIES OF POLYETHYLENE DURING THERMAL AGEING****<sup>1</sup>K.B. Vernigorov, <sup>2,3</sup>S.V. Nechipurenko, <sup>2,3</sup>B.B. Yermukhambetova, <sup>4</sup>V.V. Bushkov,****<sup>2,3</sup>G.S. Irmukhametova, <sup>2,3</sup>A.Zh. Alikulov , <sup>5</sup>O.V. Stoyanov, <sup>5</sup>Y.M. Kazakov, <sup>2,3</sup>S.A. Efremov**<sup>1</sup>SIBUR PolyLab LLC, Moscow, Russia,<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,<sup>3</sup>National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,<sup>4</sup>SIBUR LLC, Moscow, Russia,<sup>5</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia Corresponding author: alikulov.adilet@gmail.com

The influence of a new filler of natural origin on the thermal oxidation process of high-pressure polyethylene has been studied. The studied filler is carbonized rice husk, a waste product of agricultural production. It has been established that CSF exhibits some thermostabilising effect, preventing the decrease of deformation and strength characteristics of the polymer after its exposure for 3 hours at 170°C. The introduction of CSF allows to keep the yield strength at the level of 77% (10% wt. CSF) and 46% (5% wt. CSF), while for unfilled aged LDPE this index does not exceed 3% of the initial sample. The breaking stress of the filled samples remains at the level of the unoxidized ones. A synergetic effect was revealed when the investigated filler and standard antioxidant Irganox 1010 were used. At the introduction of 10% wt. of CSF and 0,2% wt. of phenolic stabilizer, there is no decrease in destructive stress after the thermal aging of the material.

**Keywords:** polyethylene, filler, carbonized rice husk, thermo-oxidation, strain-strength characteristics.

**КОМІРТЕКТІ КҮРІШ ҚАБЫҒЫНЫҢ ТОЛТЫРҒЫШЫНЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ ҚАРТАЮ КЕЗІНДЕ ПОЛИЭТИЛЕННІҢ ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ БЕРІКТІК ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІНЕ ӘСЕРІ****<sup>1</sup>К.Б. Вернигоров, <sup>2,3</sup>С.В. Нечипуренко, <sup>2,3</sup>Б.Б. Ермухамбетова, <sup>4</sup>В.В. Бушков, <sup>2,3</sup>Г.С. Ирмухаметова, <sup>2,3</sup>А.Ж. Аликулов , <sup>5</sup>О.В. Стоянов, <sup>5</sup>Ю.М. Казаков, <sup>2,3</sup>С.А. Ефремов**<sup>1</sup>«СИБУР ПолиЛаб» ЖШС, Мәскеу, Ресей,<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,<sup>3</sup>Қазақстан Республикасының Ұлттық инженерлік академиясы, Алматы, Қазақстан,<sup>4</sup>«СИБУР» ЖШС, Мәскеу, Ресей,<sup>5</sup>Казан ұлттық технологиялық зерттеу университеті, Казан, Ресей,  
e-mail: alikulov.adilet@gmail.com

Жаңа табиғи толтырғыштың жоғары қысымды полиэтиленнің термототығу процесіне әсері зерттелді. Зерттелген толтырғыш – бұл ауылшаруашылық өндірісінің қалдықтары болып табылатын көміртекті күріш қабығы. ККТ 170°C температурада 3 сағат бойы экспозициядан кейін полимердің деформациялық-беріктік сипаттамаларының төмендеуіне жол бермейтін кейбір термостабилизациялық әсер ететіні анықталды. ККТ енгізу аққыштық шегін 77% (ККТ 10% масс.) және 46% (5% масс. ККТ) деңгейінде сақтауға мүмкіндік береді, бұл ретте толтырылмаған ескірген ЖҚПЭ үшін бұл көрсеткіш бастапқы үлгі көрсеткіштерінің 3%-дан аспайды. Толтырылған үлгілердің деструктивті кернеуі тотықпаған деңгейде сақталады. Зерттелген толтырғыш пен стандартты антиоксидант Ирганокс 1010-мен бірге пайдалануда синергетикалық әсер анықталды. 10% масс. ККТ және 0,2% масс. фенолды тұрақтандырғыш енгізгенде материалдың термиялық қартаюынан кейін деструктивті кернеудің төмендеуі байқалмайды.

**Түйін сөздер:** полиэтилен, толтырғыш, карбонизацияланған күріш қабығы, термототығу, деформация және беріктік сипаттамалары.

**ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ КАРБОНИЗОВАННОЙ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ СТАРЕНИИ**

<sup>1</sup>К.Б. Вернигоров, <sup>2,3</sup>С.В. Нечипуренко, <sup>2,3</sup>Б.Б. Ермухамбетова, <sup>4</sup>В.В. Бушков, <sup>2,3</sup>Г.С. Ирмухаметова, <sup>2,3</sup>А.Ж. Аликулов, <sup>5</sup>О.В. Стоянов, <sup>5</sup>Ю.М. Казаков, <sup>2,3</sup>С.А. Ефремов

<sup>1</sup>ООО «СИБУР ПолиЛаб», Москва, Россия,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,

<sup>4</sup>ООО «СИБУР», Москва, Россия,

<sup>5</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия,  
e-mail: alikulov.adilet@gmail.com

Изучено влияние нового наполнителя природного происхождения на процесс термоокисления полиэтилена высокого давления. Исследованный наполнитель представляет собой карбонизированную рисовую шелуху, являющуюся отходом сельскохозяйственного производства. Установлено, что УКН проявляет некоторое термостабилизирующее действие, препятствуя снижению деформационно-прочностных характеристик полимера после его экспозиции в течении 3-х часов при 170°C. Введение УКН позволяет сохранить предел текучести на уровне 77% (10% масс. УКН) и 46% (5% масс. УКН), в то время для ненаполненного состаренного ПЭВД этот показатель не превышает 3% от показателей исходного образца. Разрушающее напряжение наполненных образцов сохраняется на уровне неокисленных. При совместном использовании исследованного наполнителя и стандартного антиоксиданта Ирганокс 1010 выявлен синергетический эффект. При введении 10% масс. УКН и 0,2% масс. фенольного стабилизатора не наблюдается снижения разрушающего напряжения после термического старения материала.

**Ключевые слова:** полиэтилен, наполнитель, карбонизированная рисовая шелуха, термоокисление, деформационно-прочностные характеристики.

**Introduction.** Polymer composite materials due to the complex of their valuable qualities are widely used in many spheres of human activity. The use of fillers of various types (dispersed, fibrous, woven) allows not only to increase the strength characteristics of the material, but also to change its thermal, electrical, frictional, and other characteristics. The combination of thermoplastics, fillers of different natures and aggregate states, stabilizers, plasticizers, and other additives in the polymer composition allows to create materials with the widest range of properties and meeting the requirements of the most demanding areas of industry. However, during the processing of polymers into products and their further operation as a result of thermal-oxidative aging, the performance of the material deteriorates and its service life is reduced. Therefore, one of the important objects of research is the influence of various components of composite material, in particular fillers, on the resistance of polymers to various types of degradation.

A number of publications have been devoted to the study of thermal aging processes of filled polymers, including polyethylene [1-4]. However, they mainly consider the processes of aging and stabilization of polymers filled with mineral fillers.

At present, carbon-silica composite is proposed as a filler from natural renewable raw materials, which is carbonized rice stalk and husk waste in a pyrolysis furnace without access to oxygen at a temperature of 550-600°C [5]. According to [6], the composition of carbon-silicon filler (CSF) includes 47,26 % carbon, 50,38 % SiO<sub>2</sub>, and 2,36 % impurities, mainly oxides of various metals.

Since a number of researchers [7-10] note the presence of a synergetic effect of rubber hardening at the joint use of carbon black and silicon dioxide, there is an increasing number of works on the study of the influence of complex filler CSF on the properties of various rubbers [11-15].

The aim of the study was to investigate the influence of carbon-silica filler obtained from

natural raw materials on the thermal aging processes of high-pressure polyethylene.

**Materials and methods.** High-pressure polyethylene (LDPE) of 15313-003 grade (GOST 16337-77, changes 1-3) and carbon-silicon filler provided by «NeoCarbon» LLP (Republic of

Kazakhstan) were used as objects of research. Characteristics of polyethylene are given in Table 1. The chemical composition of CSF filler is shown in Table 2. Irganox-1010 (pentaerythrol tetrakis(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl) propionate) produced by BASF was used as a stabilizer.

**Table 1 – Characteristics of polymers**

Polymer	Melt flow rate, g/10 min, T=190°C	Melting point, °C	Yield strength, MPa	Tensile breaking stress, MPa	Relative elongation at break, %
15313-003	0,35	106	10,8	14	450

**Table 2- Chemical composition of carbon-silica filler**

Chemical composition	Contents, %
Carbon	47,26
SiO <sub>2</sub>	50,38
Na <sub>2</sub> O	0,04
MgO	0,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11
K <sub>2</sub> O	1,72
CaO	0,28
TiO <sub>2</sub>	0,01
MnO	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01

Polymer compositions were prepared by mixing in melt in a Brabender mixer for 10 minutes after loading all components. The mixing temperature was 150°C. Rotor speed 150 rpm.

Samples for physical and mechanical tests were obtained by pressing (GOST 12019-2021) at a temperature of 160°C. After pressing all samples were subjected to conditioning at room temperature for a day (GOST 12423-2013).

Aging of the samples was carried out at 170°C for 1, 2, and 3 h.

Determination of deformation and strength properties of the samples was carried out on a tensile testing machine TestP 108 with automatic

registration of results at a speed of 500 mm/min in accordance with GOST 11262-2017.

**Results and discussion.** Currently, there is a large amount of information on the successful modification of thermoplastics with mineral fillers to improve their performance. The study of the possibility of using inexpensive fillers of natural origin in polyethylene-based compositions is of undoubted interest for the development of new polymeric materials.

The investigations have shown that the introduction of the studied filler practically does not affect the strength of the material, only slightly reducing the breaking stress of the composition.

The increase in the concentration of CSF expectedly leads to a constant monotonic deterioration of the elasticity of the material (Fig. 1). At the same time, the relative elongation at break for LDPE filled with

less than 4 % wt of CSF remains at the same level as that observed in LDPE filled with a similar amount of other dispersed fillers.

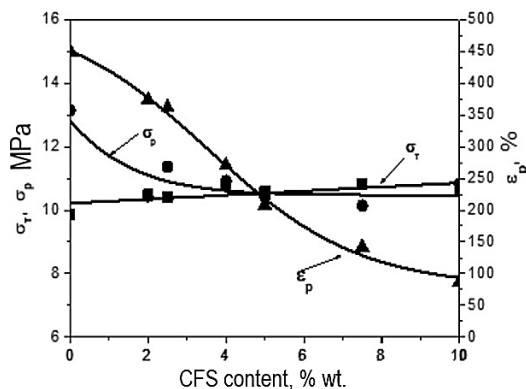


Fig. 1 – Influence of CSF concentration on deformation and strength characteristics of LDPE

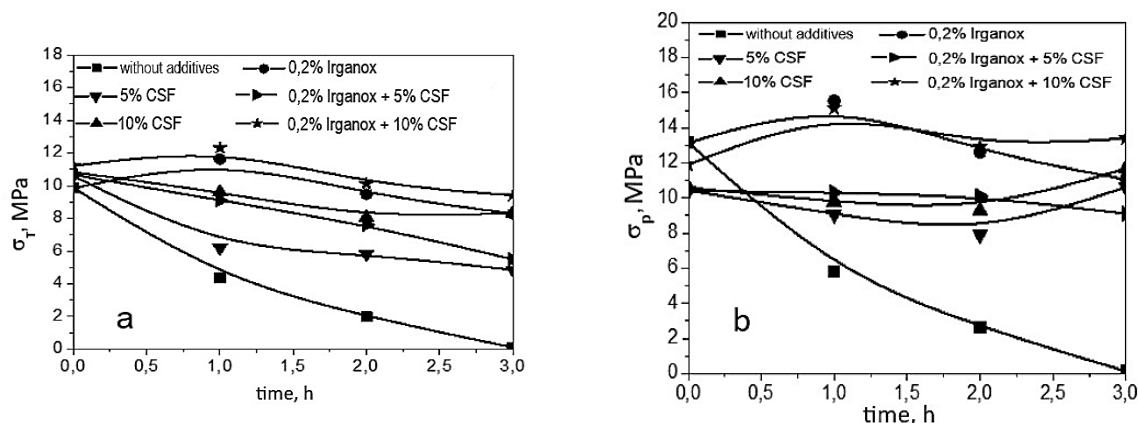


Fig. 2 – Change of yield strength (a) and breaking stress (b) of composites in the process of thermal aging

Since in addition to carbon black and silicon oxide, the CSF contains 2.36 % of impurities, which are oxides of various metals, it was of interest to evaluate the effect of this filler on the thermo-aging process of LDPE.

In the course of the research, it was found that the strength characteristics of LDPE filled with carbonized rice husk during aging decrease to a lesser extent than for unfilled polyethylene (Fig. 2, 3). This indicates the manifestation of some stabilizing properties by this filler. At the same time, the joint introduction of filler and CSF allows

to keep the level of strength characteristics for a longer time (Fig. 3). Inhibition of the process of oxidation and destruction of polyethylene at the introduction of complex carbon-silicon filler is probably connected with the presence of metal oxides, which are able to interact with carboxyl groups formed at thermo-oxidation of polymer. The use of the antioxidant Irganox 1010 in the composition of polyolefin composition together with CSF preserves the strength properties of the aged material at the level of the initial unaged composite. That is probably connected to some synergetic action of the filler and antioxidant.



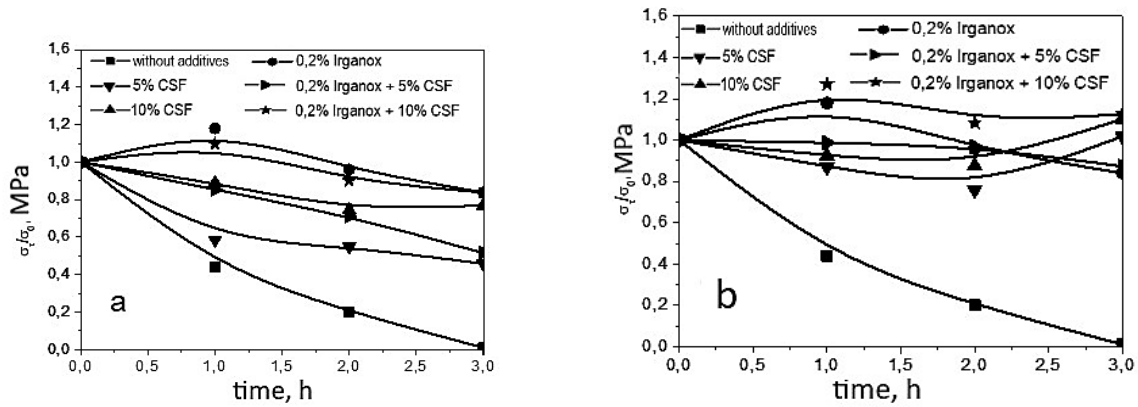


Fig. 3 – Rate of yield stress (a) and failure stress (b) of composites in the process of thermal aging

Polyethylene filled with CSF has significantly worse elasticity than the original one (Fig. 1), but in the process of its thermal aging the decrease in relative elongation at break is much slower (Fig. 4). Relative elongation of the samples aged for 3 hours at 170°C, filled with 5 and 10% of CSF, is 65 and 40% of the values of samples not subjected to aging.

The combination of UCS and the standard stabilizer of phenolic type Irganox1010 almost completely stops the reduction of elasticity of the aged material. However, it is necessary to take into account the lower value of elongation at break when filling polyethylene.

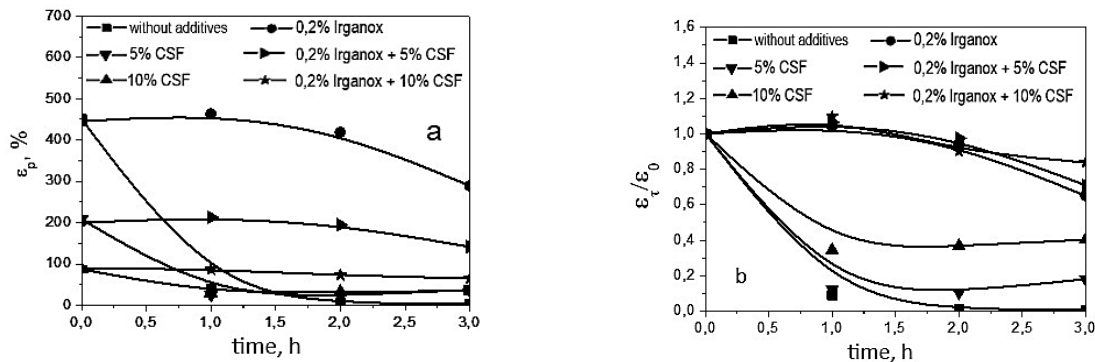


Fig. 4 – Change of yield strength (a) and breaking stress (b) of composites in the process of thermal aging

**Conclusions.** Thus, the studies that were conducted have shown that the use of CSF as a filler has a positive effect on the process of thermal oxidation of high-pressure polyethylene, reducing its intensity. The introduction of CSF into LDPE allows the yield strength after the exposition of samples for 3 hours at 170°C at the level of 77% (10% wt. CSF) and 46% (5% wt. CSF), while the  $\sigma_t$  of unfilled aged LDPE does not exceed 3% of the initial sample. The breaking stress of the filled samples remains at the level of the

unoxidized ones. The use of this carbon-silicon filler in polyethylene compositions in combination with a standard stabilizer makes it possible to practically stop the thermal aging of the polymer, thus extending its service life. In spite of the fact that the introduction of 10% wt. of CSF into the polyethylene composition is more effective from the point of view of ensuring thermal stability, it seems reasonable to use smaller amounts of the filler. This is due to its negative effect on the elasticity of the material since the introduction of

10% wt. of CSF reduces the relative elongation of the composition by 4.5 times compared to unfilled LDPE. Nevertheless, the use of inexpensive filler from renewable plant raw materials is of undoubted interest, because, being a product of processing of agricultural waste, it allows to reduce the environmental load and reduce the cost of polymer compositions.

**Funding:** The work was carried out under the program of targeted funding of scientific research for 2023-2025 IRN №BR21882289, carried out by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

## References

1. Popova L.A., Prokopchuk N.R., Yacenko V.V. Vliyanie napolnitelej na stabilizacionnuyu ustojchivost' kompozicij polietilena // Trudy BGTU. Seriya 4. Himiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv - 2009. - № 4. - S. 109-112. (In Russian).
2. Manulenko A.F., Lenartovich L.A., Prokopchuk N.R. Vliyanie superkoncentratov napolnitelej i stabilizatorov na termostabil'nost' polietilena // Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya. - 2016. - № 4(186). - S. 106-113. (In Russian)
3. Afashagova Z.H., Ovcharenko E.N., Kozlov G.V., Mikitaev A.K. Termicheskie svojstva dispersno-napolnennogo polimernogo nanokompozita // Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. 2007. №5.- S.34-36. (In Russian)
4. Lenartovich L.A., Prokopchuk N.R., SHkodich V.F. Teplovoe starenie napolnennykh stabilizirovannykh kompozicij (obzor) // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. -2015. -T. 18.- №9. -S. 41-48. (In Russian)
5. Evrazijskij patent 045499 V1, MPK C08K 3/013, C08K 3/04, C08K 3/34. Primenenie uglerod-kremnistogo kompozita v kachestve napolnitelya, zayavl. 30.06.2021, opubl. 29.11. 2023. (In Russian)
6. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V. Uglerod-kremnistyj napolnitel' dlya elastomernyh kompozicij // Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya. - 2022. - № 1 (253). - S. 89-95. (In Russian)
7. Song Y., Zeng L., Zheng Q. Understanding the reinforcement and dissipation of natural rubber compounds filled with hybrid filler composed of carbon black and silica // Chinese Journal of Polymer Science. - 2017 -V. 35 - № 11. - P. 1436–1446. DOI 10.1007/s10118-017-1987-5
8. Xiong X., Wang J., Jia H., Ding L., Dai X., Fei X. Synergistic Effect of Carbon Black and Carbon–Silica Dual Phase Filler in Natural Rubber Matrix // Polymer Composites. - 2014.- V. 35 - № 8. - P. 1466–1472. <https://doi.org/10.1002/pc.22800>
9. Sattayanurak S., Sahakaro K., Kaewsakul W., Dierkes W. K., Reuvekamp L.A.E.M., Blume A., Noordermeer J.W.M. Synergistic effect by high specific surface area carbon black as secondary filler in silica reinforced natural rubber tire tread compounds // Polymer Testing – 2020-V.21-APP. 106173. DOI 10.1016/j.polymertesting.2019.106173
10. Velga V.D., Rossignol T.M., Crespo J. da S., Carli L.N. Tire tread compounds with reduced rolling resistance and improved wet grip // Journal of Applied Polymer Science. - 2017. - V.134- № 3 – APP. 45334. DOI 10.1002/app.45334
11. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V., Stoyanov O.V. Vliyanie uglerod-kremnistogo napolnitelya na svojstva elastomernyh kompozicij // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. - 2022. - T. 25. - №6. - S. 86-90. <https://www.elibrary.ru>. (In Russian)
12. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V. Svojstva elastomernyh kompozicij, napolnennykh uglerod-kremnistym kompozitom // Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii,

biotekhnologiya, geoekologiya. - 2022. - № 2 (259). - S. 156-164. DOI 10.52065/2520-2669-2022-259-2-156-164 (In Russian)

13. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V., Stoyanov O.V. Elastomernye kompozicii, napolnennye produktom pererabotki risa // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. - 2023. - T. 26. - № 2. - S. 60-63. <https://elib.belstu.by> (In Russian).

14. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V., Stoyanov O.V. Vliyanie napolnitelya na osnove produktov pererabotki risa na dolyu svyazannogo polimera v elastomernyh kompozitsiyah // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. - 2023. - T. 26. - № 3. - S. 50-52. <https://elib.belstu.by>. (In Russian)

15. Bobrova V.V., Prokopchuk N.R., Efremov S.A., Nechipurenko S.V. Primenenie uglerod-kremnistogo napolnitelya v elastomernyh kompozitsiyah na osnove kombinacii kauchukov // Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya. - 2023. - № 1 (265). - S. 95-103. (In Russian).

#### *Information about authors*

Vernigorov K.B. - General Manager SIBUR PolyLab LLC, Moscow, Russia, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Nechipurenko S.V. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Al-Farabi Kazakh National University, National Engineering Academy of RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [nechipurenkos@mail.ru](mailto:nechipurenkos@mail.ru);

Yermukhambetova B.B. - Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Al-Farabi Kazakh National University, National Engineering Academy of RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [baya\\_yerm@mail.ru](mailto:baya_yerm@mail.ru);

Bushkov V.V. - General Manager SIBUR LLC, Moscow, Russia, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Irmukhametova G.S. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Al-Farabi Kazakh National University, National Engineering Academy of RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [galiya.irm@gmail.com](mailto:galiya.irm@gmail.com);

Alikulov A.Zh. - Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Researcher, Al-Farabi Kazakh National University, National Engineering Academy of RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [alikulov.adilet@gmail.com](mailto:alikulov.adilet@gmail.com);

Stoyanov O.V. - PhD, Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Kazakov Y.M. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Efremov S.A. - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher, Al-Farabi Kazakh National University, Academician of KazNANS, National Engineering Academy of RK, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [efremsa@mail.ru](mailto:efremsa@mail.ru)

#### *Информация об авторах*

Вернигоров К.Б. - генеральный директор ООО «СИБУР ПолиЛаб», Москва, Россия, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Нечипуренко С.В. - кандидат технических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная инженерная академия РК, Алматы, Казахстан, e-mail: [nechipurenkos@mail.ru](mailto:nechipurenkos@mail.ru);

Ермухамбетова Б.Б. - кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная инженерная академия РК, Алматы, Казахстан, e-mail: [baya\\_yerm@mail.ru](mailto:baya_yerm@mail.ru);

Бушков В.В. - генеральный директор ООО «СИБУР», Москва, Россия, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Ирмухаметова Г.С. - кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная инженерная академия РК, Алматы, Казахстан, e-mail: [galiya.irm@gmail.com](mailto:galiya.irm@gmail.com);

Аликулов А.Ж. - магистр технических наук, старший преподаватель, научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная инженерная академия РК, Алматы, Казахстан, e-mail: [alikulov.adilet@gmail.com](mailto:alikulov.adilet@gmail.com);




Стойанов О.В. - PhD, профессор, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Казаков Ю.М. - доктор технических наук, профессор, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия, e-mail: [ov\\_stoyanov@mail.ru](mailto:ov_stoyanov@mail.ru);

Ефремов С.А. - доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Национальная инженерная академия РК, академик КазНАЕН, Алматы, Казахстан, e-mail:

efremsa@mail.ru

**СОВМЕСТНЫЙ ПИРОЛИЗ УГЛЯ И ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ**

<sup>1,2</sup>Н.У.Нурғалиев , <sup>1</sup>Ж.Б. Исақова , <sup>3</sup>А.Колпек, <sup>1</sup>Е.К. Айбульдинов ,  
<sup>3</sup>А.С.Сабитов, <sup>3</sup>Э.Е. Копишев, <sup>1,3</sup>Т.Т. Машан, <sup>1,3</sup>Л.А. Кусепова, <sup>1</sup>Г.Ж. Алжанова,  
<sup>1,4</sup>Г.Г. Абдиюсупов, <sup>1,5</sup>М.Т. Өмірзақ


<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт Новых химических технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

<sup>4</sup>CCS Services – Central Asia, Алматы, Казахстан,




<sup>5</sup>Sauda Exports&Import, Алматы, Казахстан

 Корреспондент-автор: nurgaliev\_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman\_@mail.ru

В статье предварительно проведен технический и элементный состав исходного сырья (угля и высоковязкой нефти), а также определены физико-химические показатели смолы сырья. Совместный пиролиз угля и высоковязкой нефти осуществляли при различных добавках нефти в интервале 5-30 %. Опыты проводили в алюминиевой реторте до 520 °С, в результате которых получены такие продукты, как смола, пиролизный газ и полукокс. При этом наибольший относительный прирост выходов смолы и пиролизного газа наблюдался при добавке высоковязкой нефти, составляющей 20 %, что по всей видимости связано с наблюдаемым синергетическим эффектом, основанном на взаимодействии угля и нефтяных фракций в процессе термической обработки.

**Ключевые слова:** уголь, высоковязкая нефть, совместный пиролиз, смола, пиролизный газ, полукокс.

**КӨМІР МЕН ТҮТҚЫРЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ МҰНАЙДЫҢ БІРЛЕСКЕН ПИРОЛИЗИ**

<sup>1,2</sup>Н.У.Нурғалиев , <sup>1</sup>Ж.Б. Исақова , <sup>3</sup>А. Колпек, <sup>1</sup>Е.К. Айбульдинов ,  
<sup>3</sup>А.С. Сабитов, <sup>3</sup>Э.Е. Копишев, <sup>1,3</sup>Т.Т. Машан, <sup>1,3</sup>Л.А. Кусепова, <sup>1</sup>Г.Ж. Алжанова,  
<sup>1,4</sup>Г.Г. Абдиюсупов, <sup>1,5</sup>М.Т. Өмірзақ

<sup>1</sup>Жаңа химиялық технологиялар ғылыми-зерттеу институты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>Қ.Құлажанов атындағы технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>3</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>4</sup>CCS Services – Central Asia, Алматы, Қазақстан,




<sup>5</sup>Sauda Exports&Import, Алматы, Қазақстан,

e-mail:nurgaliev\_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman\_@mail.ru

Мақалада бастапқы шикізаттың (көмір және жоғары тұтқыр мұнай) техникалық және элементтік құрамы алдын-ала жүргізіліп, шикізат шайырының физика-химиялық көрсеткіштері анықталды. Көмір мен тұтқырлығы жоғары мұнайдың бірлескен пиролизі әртүрлі мұнай қоспаларында 5-30% аралығында жүзеге асырылды. Тәжірибелер алюминий ретортында 520 °С-ге дейін жүргізілді, нәтижесінде шайыр, пиролиз газы және жартылай кокс сияқты өнімдер пайда болды. Сонымен қатар, мұнай мен пиролиз газының шығымдылығының ең үлкен салыстырмалы өсімі жоғары тұтқыр мұнай қоспасында байқалды, ол 20%-ды құрайды, бұл термиялық өндеу процесінде көмір мен мұнай фракцияларының өзара әрекеттесуіне негізделген синергетикалық әсерге байланысты.

**Түйін сөздер:** көмір, тұтқырлығы жоғары мұнай, бірлескен пиролиз, шайыр, пиролиз газы, жартылай кокс.

**COMBINED PYROLYSIS OF COAL AND HIGH-VISCOSITY OIL**

<sup>1,2</sup>N.U. Nurgaliyev , <sup>1</sup>Zh.B. Iskakova , <sup>3</sup>A. Kolpek, <sup>1</sup>Ye.K. Aibuldinov ,  
<sup>3</sup>A.S. Sabitov, <sup>3</sup>E.Ye. Kopsishev, <sup>1,3</sup>T.T. Mashan, <sup>1,3</sup>L.A. Kusepova, <sup>1</sup>G.Zh. Alzhanova,  
<sup>1,4</sup>G.G. Abdiyussupov, <sup>1,5</sup>M.T. Omirzak



<sup>1</sup> Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup> Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

<sup>4</sup> CCS Services – Central Asia, Almaty, Kazakhstan,

<sup>5</sup> Sauda Exports&Import, Almaty, Kazakhstan

e-mail: nurgaliev\_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman\_@mail.ru

In the article provides a preliminary technical and elemental composition of the feedstock (coal and high-viscosity oil), and also determines the physicochemical properties of the resin of the feedstock. Coal and high-viscosity oil were combined pyrolysis with various oil additives in the range of 5-30%. The experiments were carried out in an aluminum retort at temperatures up to 520 °C, resulting in the following products: tar, pyrolysis gas, and semi-coke. The greatest relative increase in oil and pyrolysis gas yields was observed with the addition of high-viscosity oil, amounting to 20%, which is apparently due to the observed synergy effect based on the interaction of coal and oil fractions during heat treatment.

**Keywords:** coal, high-viscosity oil, combined pyrolysis, tar, pyrolysis gas, semi-coke.

**Введение.** Во многих странах (Казахстан, Китай и др.) запасы угля значительно больше, чем запасы нефти и природного газа. Все больший интерес в настоящее время привлекают исследования по совместному пиролизу угля и высоковязкой нефти, биомассы, горючего сланца, отходов полимерных пластиков и других органических материалов. Исследования в основном сосредоточены на двух аспектах. Один из них – это оптимизация выхода смолы и компонента, а другой – учет синергетического эффекта при пиролизе. Например, при совместном пиролизе биомассы было обнаружено, что такой подход улучшает не только выход и свойства смолы, но и теплотворную способность кокса, смолы и газа [1].

Характеристики пиролиза угольного топлива и нефтяного шлама и были изучены с помощью термогравиметрического анализатора в атмосфере аргона [2]. В исследовании [3] основное внимание уделяется потенциальному использованию горючего сланца в качестве сырья для коксования угольной смеси, а также предлагается сопиролиз различных марок углей со сланцем с точки зрения коксования угольной смеси. Добавление низкосортного угля к сланцу может повысить выход смолы и увеличить содержание газов CO, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub> при микроволновом нагреве [4]. Кроме того, при пиролизе низкосортного угля и пластика выход кокса снижается, а выход смолы повышается с увеличением доли пластиковой добавки [5]. Результаты исследования

микроволнового сопиролиза угля и биомассы показали, что микроволновый абсорбер может косвенно нагревать частицы угля и биомассы, которые относительно прозрачны для микроволн и влияют на выход и качество продукта, выступая в качестве каталитических прекурсоров [6]. Синергетический эффект от совместного пиролиза низкосортного угля и биомассы становится все более значительным по мере уменьшения марки угля, возможно, потому, что исходная структура этих углей содержит крупные поры и небольшие кластеры ароматических структур, которые легко сохраняются в виде смолы при быстром сопиролизе [7]. При исследовании характеристик сопиролиза угля и сельскохозяйственных отходов было обнаружено, что соотношение смешивания является основным фактором, влияющим на выход и состав смолы и газа, а синергетический эффект значителен во время пиролиза угля и биомассы, но минимален во время совместного пиролиза [8]. При изучении характеристик сопиролиза различных марок угля и горючего сланца обнаружена синергия в ходе процесса, при этом уголь обеспечивает водород для горючего сланца, что увеличивает выход смолы и служит компонентом смолы с высокой добавленной стоимостью [9]. Совместный пиролиз опилок и битуминозного угля (в различных соотношениях смешивания и температурах) улучшает выход газа, но снижает выход смолы [10]. Авторы в работе [11] обобщили результаты исследований по сопиролизу угля и отходов, таких как плавающие в сточных водах

водоросли, солома, отходы пластика, отходы смазочного масла, отходы минерального масла и горючий сланец. Авторы предложили использовать синергетические эффекты в зависимости от различных целевых продуктов для добавления соответствующих отходов и улучшения выхода газа, кокса и смолы, а также качества продуктов.

Таким образом, типы и свойства используемых добавок влияют на пиролиз угля. Добавки перераспределяют и модифицируют продукты пиролиза. Например, тяжелая смола преобразуется в легкую смолу, или выход газа с высокой теплотворной способностью увеличивается или уменьшается.

Такое углеводородное сырье как тяжелая (высоковязкая) нефть с высокой плотностью и сложным составом в основном используется в качестве мазута [12]. Обычно такая нефть имеет повышенную влажность и вязкость, что связано с повышенным содержанием в их составе смолисто-асфальтеновых веществ. Нефтеперерабатывающие заводы не способны перерабатывать высоковязкие нефти по стандартным схемам [13]. Однако по мере повышения температуры тяжелая нефть может свободно перетекать во влажные частицы угля полностью из-за повышенной текучести тяжелой нефти во время совместного пиролиза с углем. Уголь и тяжелая нефть могут полностью реагировать во время пиролиза, чтобы получить продукты с высокой добавленной стоимостью. Этот эффект достигается за счет того, что тяжелая нефть не только связывает частицы угля вместе, но и значительно увеличивает площадь контакта угля и тяжелой нефти. В связи с этим, целью данной работы является исследование влияния добавок высоковязкой нефти на выход продуктов совместного пиролиза (смола, пиролизный газ и полукокс).

**Материалы и методы.** В качестве сырья для совместного пиролиза выбраны уголь месторождения «Сарыадыр» и высоковязкая нефть месторождения «Зайсан».

Для определения влажности, зольности, летучих веществ, серы, выходов продуктов полукоксования, плотности, элементного состава

и др., использовали методы в соответствии с ГОСТ 11014-2001, ГОСТ 11022-95 (ISO 1171-97), ГОСТ 1437-75, ГОСТ 3168-93, ГОСТ 1437-75, ГОСТ 6382-2001, ГОСТ 10538-87, ГОСТ 8606-93 (ISO 334-92), ASTM D 5291 (Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Petroleum Products and Lubricants).

Пиролиз проводили в алюминиевой реторте до 520 °С в соответствии с методикой, описанной в работе [14]. Пиролиз осуществляли при различных добавках нефти (5, 10, 15, 20, 25, 30 %) при массовых соотношениях угля и нефти соответственно 95/5, 90/10, 85/15, 80/20, 75/25, 70/30.

**Результаты и обсуждение.** Для сравнения в таблице 1 приведены результаты элементного и технического анализа исходного сырья – угля и нефти. Как видно, высоковязкая нефть обладает очень низкой зольностью и существенно более высокими значениями выходов летучих веществ и содержания углерода и водорода по сравнению с углем.

Результаты физико-химических показателей смолы угля и высоковязкой нефти, представленных в таблице 2, показали, что во фракционном составе как смолы угля, так и смолы нефти присутствуют в основном среднекипящие и высококипящие фракции. Причем в смоле нефти преобладают среднекипящие фракции (44,1 %), которые содержат множество важных компонентов (комплексные смеси), таких как ароматические углеводороды, смолы, циклические и оксигенсодержащие соединения, являющиеся ключевыми для производства бензина и других моторных топлив. Вместе с тем, в смоле угля преобладают высококипящие фракции (47,4 %), содержащие более тяжелые соединения, такие как асфальты, вакуумные дистилляты, парафины и цинковые соединения, коксы. Сравнительный анализ группового состава угля и нефти показал, что в смоле угля содержатся больше ароматических углеводородов и гетероатомных соединений, чем в смоле нефти, в которой, в свою очередь, преобладают парафины и изо-парафины и нафтены.

**Таблица 1- Характеристики исходного сырья**

Параметр, %	Вид сырья	
	Уголь	Высоковязкая нефть
Влажность на рабочую массу, W <sub>tr</sub>	6,4	6,5
Зольность на сухую массу, Ad	31,31	0,1
Выход летучих и связанный углерод кокса	30,1	93,4
Элементный состав на сухую массу:		
C	58,3	81,6
H	5,6	10,1
N	1	0,5
O	3	6,1
S	0,5	1,7

**Таблица 2 - Физико-химические показатели смолы угля и высоковязкой нефти**

	Уголь	Высоковязкая нефть
Плотность, т/м <sup>3</sup>	0,935	0,994
Фракционный состав, %:		
нк – 200 °С	13,2	19,1
200 – 360 °С	39,4	44,1
>360 °С	47,4	36,8
Групповой состав, %:		
Парафины и изо-парафины	26,7	38,3
Олефины и циклоолефины	10,3	12,4
Нафтены	3,5	17,2
Ароматические углеводороды	32,1	22,6
Гетероатомные соединения	27,4	9,5

**Таблица 3 - Результаты процесса совместного пиролиза угля и нефти**

№	Образец	Влага, W <sub>ar</sub> , %	Смола, %	Полукок, (крекинг-остаток) %	Газ, %
1	Уголь	6,4	5,1	84,8	3,7
2	Высоковязкая нефть (ВВН)	6,5	74,9	7,2	11,4
3	Уголь/ВВН (95/5)	6,4	9,2	79,1	4,3
4	Уголь /ВВН (90/10)	6,4	12,1	76,4	4,6
5	Уголь/ВВН(85/15)	6,4	15	72,5	5
6	Уголь/ВВН(80/20)	6,4	20,4	65,9	5,5
7	Уголь/ВВН(75/25)	6,4	23,1	62,4	5,9
8	Уголь/ВВН(70/30)	6,4	25,3	59,1	6,2

Выход продуктов совместного пиролиза угля и нефти (смола, пиролизный газ, полукок) и нефти (смола, пиролизный газ, полукок) приведены в таблице 3 и на рисунке 1. Добавление высоковязкой нефти к углю от 5 до 30 % приводит к

благоприятному протеканию совместного пиролиза, что отражается на существенном повышении выхода смолы с 5,1 до 25,3 %, вследствие того, что нефть характеризуется повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ. Также наблюдается постепенное увеличение пиролизного газа с 3,7 до 6,2 %, а содержание полукокса значительно снижается с 84,8 до 59,1 %. Аналогичный эффект от добавки высоковязкой нефти к углю в процессе их совместного пиролиза наблюдается в работе [15], в которой

выход кокса снизился на 20%, а выход газа и смолы увеличился на 7,74 и 12,18%. При этом количество гидроксильных групп на поверхности кокса уменьшилось, а содержание алканов и фенолов в смоле снизилось на 7,89 и 8,10%, соответственно. Содержание ароматических веществ увеличилось на 21,60 %. Содержание  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_n\text{H}_m$  увеличилось примерно в два раза по сравнению с исходным количеством, тогда как содержание  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  уменьшилось на 2,88 и 22,18% соответственно.

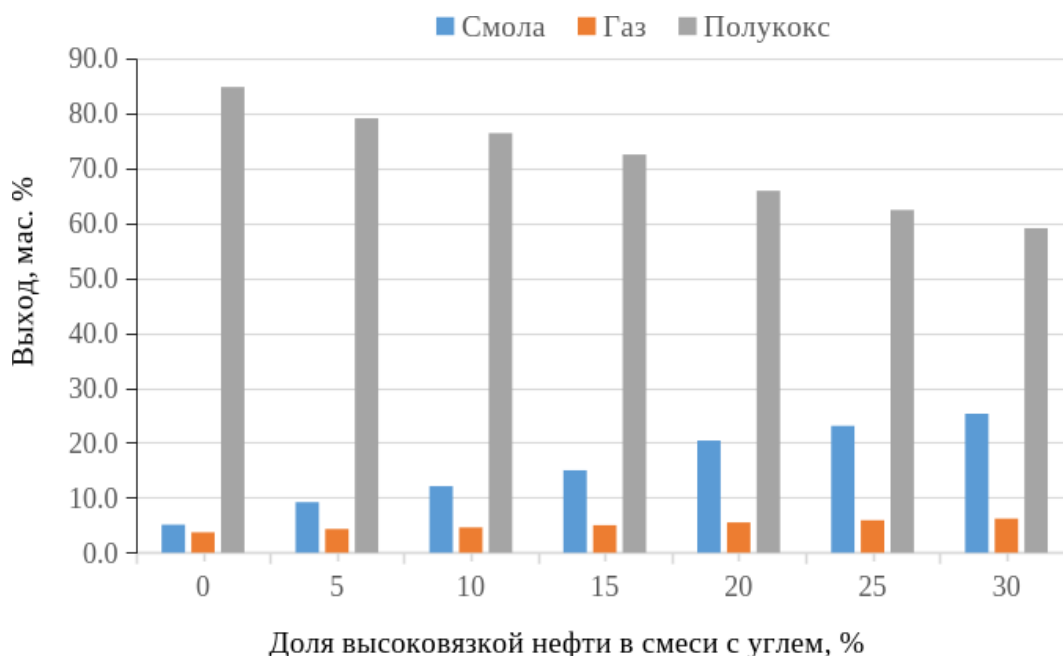


Рис. 1 - Влияние различных добавок высоковязкой нефти к совместному пиролизу с углем

На рисунках 2 и 3 приведен относительный прирост выходов смолы и пиролизного газа ( $V=(V_{i+1}-V_i)/V_i$ ) при добавках в интервале 10-30 %, откуда видно, что наибольший прирост выхода наблюдается при добавке высоковязкой нефти, составляющей 20 %. Это можно объяснить наблюдаемым синэнергетическим эффектом, основанном на взаимодействии угля и нефтяных фракций в процессе термической обработки. Механизм этого эффекта можно рассмотреть по нескольким ключевым аспектам: 1) повышение температуры пиролиза и ускорение реакций (высоковязкая нефть содержит углеводороды, которые при нагревании могут выделять дополнительную энергию и повышать температуру

в реакционной зоне, что способствует ускорению термохимических реакций); 2) коагуляция и улучшение теплопередачи (нефть может образовывать тонкие пленки на поверхности угольных частиц, что улучшает теплопередачу, а это помогает избежать перегрева отдельных участков и способствует более равномерному распределению тепла и разложению угля); 3) каталитическое действие (некоторые компоненты высоковязкой нефти могут играть роль катализаторов, ускоряя реакции пиролиза и способствуя более полному разложению угля, что повышает выход ценных продуктов); 4) снижение образования коксующихся остатков (это улучшает выход и качество конечных продуктов пиролиза и снижает про-

блемы, связанные с образованием кокса. Таким образом, синэнергетический эффект позволяет повысить эффективность пиролиза угля, улуч-

шить выход ценных продуктов и снизить отрицательные последствия, связанные с образованием коксующихся остатков.

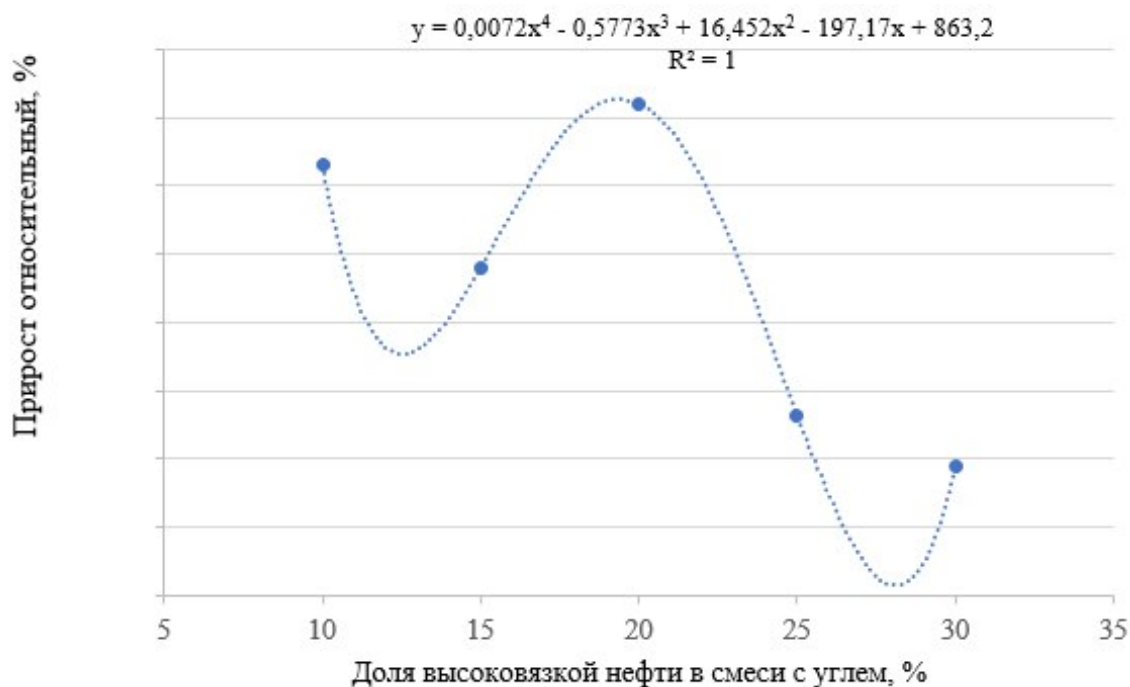


Рис. 2 - Влияние высоковязкой нефти на относительный прирост выхода смолы

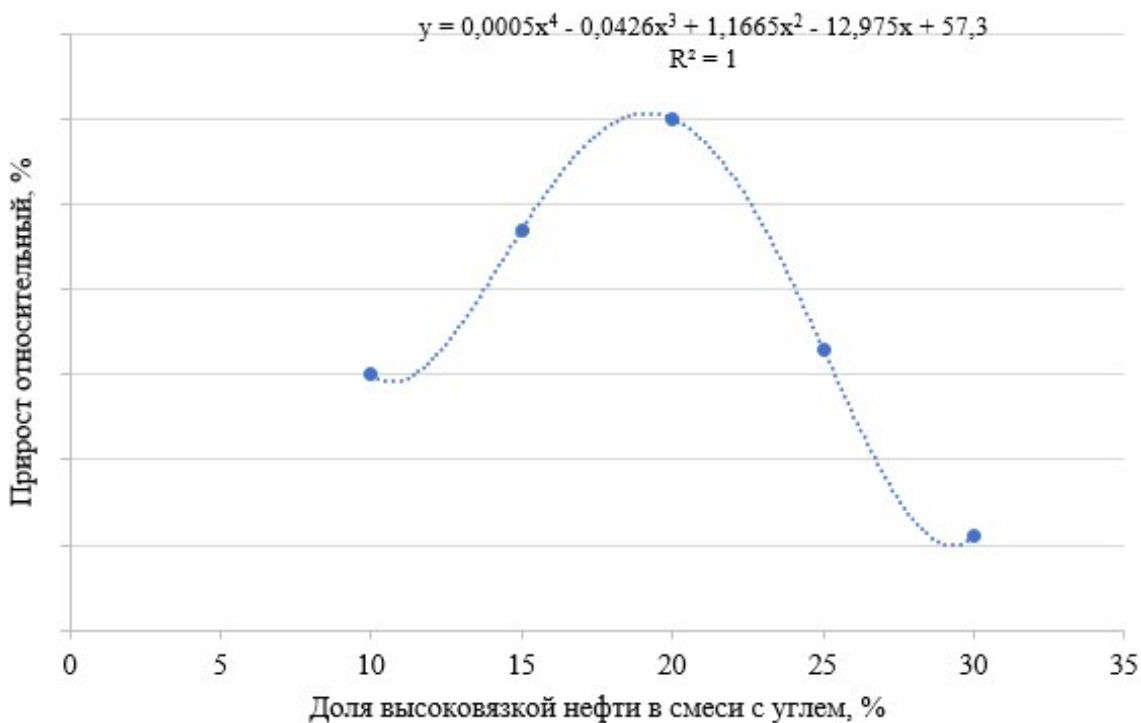


Рис. 3 - Влияние высоковязкой нефти на относительный прирост выхода пиролизного газа



**Выводы.** Результаты данной работы продемонстрировали реализацию возможности совместного пиролиза угля и высоковязкой нефти. Добавки последней приводят к небольшому увеличению пиролизного газа и существенному повышению смолы, за счет в основном высокого содержания смол и асфальтенов в высоковязкой нефти. Также наблюдается значительное снижение полукокса. Добавка высоковязкой нефти к углю в количестве 20 % приводит к максимальному относительному приросту выходов смолы и пиролизного газа, что может быть связано с синергетическим эффектом, который основан на взаимодействии угля и нефтяных фракций в процессе их термической деструкции. Таким образом, несмотря на большие трудности переработки высоковязкой нефти по стандартным методам, возможным решением проблемы вовлечения такой нефти в топливно-энергетический и

нефтехимический баланс может быть проведение совместного пиролиза высоковязкой нефти с подходящим (по физико-химическим характеристикам) сырьем. Таким образом, совместный пиролиз угля и высоковязкой нефти может быть перспективным направлением и значительным потенциалом для создания эффективных и экологически чистых технологий в области переработки углеводородных ресурсов. Данная методология может способствовать улучшению качественных характеристик продуктов, а также повышению общей эффективности процесса.

**Финансирование.** Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (№ BR21882171 «ЦУР 9.4: Развитие «зеленой» экономики Казахстана путем переработки минерального сырья и отходов методом пиролиза»).

### Литература

1. Abnisa, F.; Wan Daud, W. M. A. A review on co-pyrolysis of biomass: An optional technique to obtain high-grade pyrolysis oil // *Energy Convers. Manage.*, 2014.- Vol.87.- P.71-85.  
DOI 10.1016/j.enconman.2014.07.007
2. Xiaoyu Li, Xiaoxi Yang, Gang Cheng, Hongqing Feng, Xiaojie Liu, Yufeng Ma. Experimental study on co-pyrolysis of oil sludge and coal // *Advanced Materials Research*, 2012.- Vol. 356-360.- P. 2515-2519.  
DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.2515
3. Xiangchun Liu, Ping Cui, Qiang Ling, Zhigang Zhao, Ruilun Xie. A review on co-pyrolysis of coal and oil shale to produce coke // *Frontiers of Chemical Science and Engineering.*- 2020.-Vol. 14.- P. 504 - 512.  
DOI 10.1007/s11705-019-1850-z
4. Song, Y.-h.; She, J.-m.; Lan, X.-z.; et al. Pyrolysis of Low Metamorphic Coal and Oil Shale by Microwave Irradiation // *Coal Convers*, 2012.- Vol.35 (2).- P. 22-26.
5. Lan, X.-z., Liu, Q.-n., Song, Y.-h. Study on co-pyrolysis of low metamorphic coal and plastic with microwave // *Coal Convers.*- 2012. - Vol. 35(1).- P. 16-19.
6. Mushtaq F., Mat R., Ani F. N. A review on microwave assisted pyrolysis of coal and biomass for fuel production // *Renewable Sustainable Energy Rev.*- 2014. - Vol. 39.- P.555-574.  
DOI 10.1016/j.rser.2014.07.073
7. Soncini R. M., Means N.C., Weiland N.T. Co-pyrolysis of low rank coals and biomass: Product distributions // *Fuel.*- 2013. -Vol. 112.- P. 74-82. DOI 10.1016/j.fuel.2013.04.073
8. Aboyade A.O., Carrier M., Meyer E.L., Knoetze H., Görgens J.F. Slow and pressurized co-pyrolysis of coal and agricultural residues // *Energy Convers. Manage.*- 2013. - Vol. 65.- P. 198-207. DOI 10.1016/j.enconman.2012.08.006
9. Miao Z.-y., Wu G.-g., Li P., Meng X.-l., Zheng Z.-l. Investigation into co-pyrolysis characteristics of oil shale and coal // *Int. J. Min. Sci. Technol.* -2012. - Vol. 22.- P. 245-249.

DOI 10.1016/j.ijmst.2011.09.003

10. Liang P., Han Z.-h., Wu J.-f., Zhang R., Bi J. Research on synergetic reactivity of bituminous coal and saw dust during copyrolysis in a fixed bed // J. Chem. Ind. Eng.- 2014. - Vol. 35 (1).- P. 1-5.
11. He X.-m., Wang C.-x., Fu P.-r., et al. Survey of Co-pyrolysis of Rank Coal and Waste // Energy Environ. Prot.- 2014. - Vol. 28 (1). - P. 25-29.
12. Zhang J.-m., Liu G. Comprehensive Utilization of Low-Temperature Coal Tar // Coal Convers.- 2010. - Vol. 33(3).- P. 92-96.
13. Тухватуллина А.З., Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Юсупова Т.Н. Анализ состава и свойств высоковязких нефти и их влияние на процессы коксования // Материалы Международной научно-практической конференции «Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы повышения эффективности разведки и разработки месторождений», Казань.- 2012.-С. 314-316.
14. Нургалиев Н.У., Исакова Ж.Б., Колпек А., Айбульдинов Е.К., Сабитов А.С., Копишев Э.Е., Салихов Р.М., Петров М.С., Алжанова Г.Ж., Абдюсупов Г.Г., Өмірзақ М.Т. Исследование физико-химических характеристик угля и продуктов его пиролиза // Вестник КазУТБ, 2024. - №3 (24). - С.277-287. DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-470.
15. Yong-hui Song, Qiao-na Ma, Wen-jin He. Co-pyrolysis Properties and Product Composition of Low-Rank Coal and Heavy Oil // Energy & Fuels, 2016. - Vol. 31(1). – P. 217–223. DOI 10.1021/acs.energyfuels.6b02106.

### References

1. Abnisa, F.; Wan Daud, W. M. A. A review on co-pyrolysis of biomass: An optional technique to obtain high-grade pyrolysis oil // Energy Convers. Manage, 2014.- Vol.87.- P.71-85.  
DOI 10.1016/j.enconman.2014.07.007
2. Xiaoyu Li, Xiaoxi Yang, Gang Cheng, Hongqing Feng, Xiaojie Liu, Yufeng Ma. Experimental study on co-pyrolysis of oil sludge and coal // Advanced Materials Research, 2012.- Vol. 356-360.- P. 2515-2519. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.2515
3. Xiangchun Liu, Ping Cui, Qiang Ling, Zhigang Zhao, Ruilun Xie. A review on co-pyrolysis of coal and oil shale to produce coke // Frontiers of Chemical Science and Engineering.- 2020.-Vol. 14.- P. 504 - 512. DOI 10.1007/s11705-019-1850-z
4. Song, Y.-h.; She, J.-m.; Lan, X.-z.; et al. Pyrolysis of Low Metamorphic Coal and Oil Shale by Microwave Irradiation // Coal Convers, 2012.- Vol.35 (2).- P. 22-26.
5. Lan, X.-z., Liu, Q.-n., Song, Y.-h. Study on co-pyrolysis of low metamorphic coal and plastic with microwave // Coal Convers.- 2012. - Vol. 35(1).- P. 16-19.
6. Mushtaq F., Mat R., Ani F. N. A review on microwave assisted pyrolysis of coal and biomass for fuel production // Renewable Sustainable Energy Rev.- 2014. - Vol. 39.- P.555-574.  
DOI 10.1016/j.rser.2014.07.073
7. Soncini R. M., Means N.C., Weiland N.T. Co-pyrolysis of low rank coals and biomass: Product distributions // Fuel.- 2013. -Vol. 112.- P. 74-82. DOI 10.1016/j.fuel.2013.04.073
8. Aboyade A.O., Carrier M., Meyer E.L.,Knoetze H., Görgens J.F. Slow and pressurized co-pyrolysis of coal and agricultural residues // Energy Convers. Manage.- 2013. - Vol. 65.- P. 198-207. DOI 10.1016/j.enconman.2012.08.006

9. Miao Z.-y., Wu G.-g., Li P., Meng X.-l., Zheng Z.-l. Investigation into co-pyrolysis characteristics of oil shale and coal // Int. J. Min. Sci. Technol. -2012. - Vol. 22.- P. 245-249.

DOI 10.1016/j.ijmst.2011.09.003

10. Liang P., Han Z.-h., Wu J.-f., Zhang R., Bi J. Research on synergetic reactivity of bituminous coal and saw dust during copyrolysis in a fixed bed // J. Chem. Ind. Eng.- 2014. - Vol. 35 (1).- P. 1-5.

11. He X.-m., Wang C.-x., Fu P.-r., et al. Survey of Co-pyrolysis of Rank Coal and Waste // Energy Environ. Prot.- 2014. - Vol. 28 (1). - P. 25-29.

12. Zhang J.-m., Liu G. Comprehensive Utilization of Low-Temperature Coal Tar // Coal Convers.- 2010. - Vol. 33(3).- P. 92-96.

13. Tuhvatullina A.Z., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Jusupova T.N. Analiz sostava i svojstv vysokovjazkih nefiti i ih vlijanie na processy koksovaniya // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Vysokovjazkie nefiti i prirodnye bitумы: problemy povysheniya jeffektivnosti razvedki i razrabotki mestorozhdenij», Kazan'. - 2012.-S. 314-316.[in Russian]

14. Nurgaliev N.U., Iskakova Zh.B., Kolpek A., Ajbul' dinov E.K., Sabitov A.S., Kopishev Je.E., Salihov R.M., Petrov M.S., Alzhanova G.Zh., Abdijusupov G.G., Ömirзақ M.T. Issledovanie fiziko-himicheskikh harakteristik uglja i produktov ego piroliza // Vestnik KazUTB, 2024. - №3 (24). - S.277-287. DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-470. [in Russian]

15. Yong-hui Song, Qiao-na Ma, Wen-jin He. Co-pyrolysis Properties and Product Composition of Low-Rank Coal and Heavy Oil // Energy & Fuels, 2016. - Vol. 31(1). – P. 217–223.

DOI 10.1021/acs.energyfuels.6b02106

#### *Сведения об авторах*

Нурғалиев Н.У. -кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ;Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова, Астана Казахстан, e-mail: nurgaliev\_nao@mail.ru;

Искакова Ж.Б.- кандидат химических наук, ассоциированный профессор (доцент), Научно-исследовательский институт Новых химических технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: zhanariskakova@mail.ru;

Колпек А.- кандидат химических наук, ассоциированный профессор (доцент), Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,e-mail: aynagulk@mail.ru;

Айбульдинов Е.К.-доктор PhD, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана,Казахстан, e-mail: elaman\_@mail.ru;

Сабитов А.С.- докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: sawy552@gmail.com;

Копишев Э.Е.-кандидат химических наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: eldar\_kopishev@mail.ru;

Машан Т.Т.- кандидат химических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: togzhan-mashan@mail.ru;

Кусепова Л.А.-кандидат химических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: kusepova71@mail.ru;

Алжанова Г.Ж.-докторант, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: galiya.alzhanova@gmail.com;

Абдиюсупов Г.Г.-менеджер, ТОО «CCS Services – Central Asia»,Астана, Казахстан, e-mail: gaziz\_86@inbox.ru;

Өмірзақ М.Т.- доктор PhD, ТОО «Sauda Exports&Import», Астана Казахстан,e-mail: madi.omirzak@gmail.com

#### *Information about the authors*

Nurgaliyev N.U.- Candidate of Chemical Science, Associate Professor, , Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurgaliev\_nao@mail.ru;

Iskakova Zh.B.-Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Research Institute of New Chemical Technologies, L.N.

Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanariskakova@mail.ru;

Kolpek A.- Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aynagulk@mail.ru;

Aybuldinov E.K.- PhD, Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: elaman\_@mail.ru;

Sabitov A.S.- Doctoral Student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sawy552@gmail.com;

Kopishev E.Ye. - Candidate of Chemistry Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: eldar\_kopishev@mail.ru;

Mashan T.T.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: togzhan-mashan@mail.ru;

Kusepova L.A.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kusepova71@mail.ru;

Alzhanova G.Zh. - Doctoral Student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: galiya.alzhanova@gmail.com;

Abdiyussupov G.G.- Manager, CCS Services – Central Asia LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: gaziz\_86@inbox.ru;

Ómirzak M.T.- PhD, Sauda Exports&Import LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: madi.omirzak@gmail.com

**ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ОСМОСА**

<sup>1</sup>Қ.А. Куртибай✉, <sup>1</sup>Ә. Қаппасұлы, <sup>2</sup>Е.Е. Жатқанбаев, <sup>3</sup>Ж.К. Жатқанбаева,  
<sup>1</sup>М.Б. Султанкул, <sup>1</sup>Н.Б. Молдагулова, <sup>1</sup>А.Ә. Үсенова, <sup>1</sup>Г.А. Данлыбаева

<sup>1</sup> ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан,

<sup>2</sup> Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан,

<sup>3</sup> Евразийский Национальный Университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан

✉ Корреспондент-автор: kurtibayqb@gmail.com

В статье рассматриваются методы опреснения морской соленой воды методом прямого осмоса с использованием различных вытяжных растворов с высоким осмотическим давлением при разных концентрациях. Исследование охватывает применение хлорида натрия, сахарозы и бикарбоната аммония. В качестве исходных растворов использовались морская вода из Каспийского и Средиземного морей, а также растворы хлорида натрия с концентрацией, соответствующей солёности морской воды.

Результаты экспериментов подтвердили прямую зависимость между концентрацией вытяжного раствора и потоком воды. Высокая концентрация вытяжного раствора приводит к повышению осмотического давления, что способствует увеличению потока воды через мембрану. Максимальный поток воды был зафиксирован на первых сутках эксперимента. При использовании хлорида натрия в концентрациях 9%, 18% и 25% для опреснения воды Средиземного моря поток воды через мембрану составил 20,29 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>, 55,7 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> и 81,12 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> соответственно. В сравнении с обратным осмосом, который имеет производительность 7,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>/кПа, метод прямого осмоса демонстрирует значительное преимущество. Объем полученной чистой воды при концентрациях 9%, 18% и 25% составил 272 см<sup>3</sup>, 647 см<sup>3</sup> и 741 см<sup>3</sup> соответственно. Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением массовой концентрации раствора хлорида натрия используемый в качестве вытяжного раствора объем получаемой чистой воды также увеличивается. При опреснении воды Каспийского моря максимальный поток воды с 25%-ным вытяжным раствором был достигнут в первый день эксперимента и составил 91,0 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>, объем чистой воды после регенерации — 579 см<sup>3</sup>. Эксперименты с сахарозой показали, что поток воды возрастает с увеличением концентрации вытяжного раствора, максимальный поток воды достиг 31,33 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при использовании 70% сахарозы. Объем чистой воды после регенерации составил 105 см<sup>3</sup>. Способ опреснения морской воды с использованием бикарбоната аммония оказался наиболее эффективным и экономически целесообразным, обеспечив максимальный поток воды 71,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при концентрации вытяжного раствора 3,846 моль/л. Регенерация воды осуществлялась термической обработкой раствора в интервале температур 36-70 °С, при этом получено 556 см<sup>3</sup> чистой воды, не включая объем воды, использованной для приготовления раствора.

Полученные результаты подтверждают значительный потенциал прямого осмоса для эффективного опреснения соленых вод, что имеет важное значение для решения проблемы доступа к чистой воде в мире, включая Казахстан.

**Ключевые слова:** прямой осмос, вытяжной раствор, опреснение, морская вода, осмотическое давление, поток воды.

**ТІКЕЛЕЙ ОСМОС ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ТЕҢІЗ СУЫН ТҮҢЦЫЛАНДЫРУ ТӘСІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ**

<sup>1</sup>Қ.А. Куртибай✉, <sup>1</sup>Ә. Қаппасұлы, <sup>2</sup>Е.Е. Жатқанбаев, <sup>3</sup>Ж.К. Жатқанбаева,  
<sup>1</sup>М.Б. Султанкул, <sup>1</sup>Н.Б. Молдагулова, <sup>1</sup>А.Ә. Үсенова, <sup>1</sup>Г.А. Данлыбаева

<sup>1</sup> «Экологиялық және өнеркәсіптік биотехнологияның ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Астана, Қазақстан,



<sup>2</sup> Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,  
<sup>3</sup> Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан,  
 e-mail: kurtibayqb@gmail.com


Мақалада әртүрлі концентрациялардағы жоғары осмостық қысымы бар әртүрлі тартқыш ерітінділерін пайдалана отырып, теңіздің тұзды суын тікелей осмос әдісімен тұщыландыру тәсілдері қарастырылады. Зерттеуде натрий хлориді, сахароза және аммоний тұздары сияқты әртүрлі тартқыш ерітінділерді пайдалана отырып, тікелей осмос әдісімен тұщыландыру қарастырды. Тікелей осмос әдісімен суды тұщыландыру бойынша зерттеу барысында бастапқы ерітінді ретінде Каспий және Жерорта теңіздерінің теңіз суы, сондай-ақ теңіз суының тұздылығына сәйкес келетін концентрациядағы натрий хлориді ерітінділері пайдаланылды.

Эксперимент нәтижелері тартқыш ерітіндінің концентрациясы мен су ағыны арасындағы тікелей байланысты растады. Тартқыш ерітіндінің жоғары концентрациясы осмостық қысымның жоғарылауына әкелетіні анықталды, бұл мембрана арқылы судың үлкен ағынын ынталандырады. Барлық эксперименттерде максималды су ағыны тәжірибенің алғашқы күндерінде тіркелді. Жерорта теңізінің суын тұщыландыру үшін 9%, 18% және 25% концентрациядағы натрий хлориді ерітінділерін қолданғанда, мембрана арқылы су ағыны сәйкесінше 20,29 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup>, 55,7 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup> және 81,12 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup> болды. Өнімділігі 7,5 л·м<sup>-2</sup> \* сағ<sup>-1</sup>/кПа болатын кері осмоспен салыстырғанда, тікелей осмос әдісі айтарлықтай артықшылықты көрсетеді. Натрий хлоридінің 9%, 18% және 25% концентрацияларында алынған таза судың көлемі сәйкесінше 272 см<sup>3</sup>, 647 см<sup>3</sup> және 741 см<sup>3</sup> болды. Осылайша, тартқыш ерітінді ретінде қолданылатын натрий хлориді ерітіндісінің массалық концентрациясы ұлғайған сайын, таза судың алынатын көлемі де ұлғаятыны туралы қорытынды жасауға болады. Каспий теңізінің суын тұщыландыру кезінде 25%-дық тартқыш ерітіндімен максималды су ағыны эксперименттің бірінші күнінде 91,0 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup> тіркелді, регенерациядан кейінгі таза судың көлемі 579 см<sup>3</sup> құрады. Сахарозамен жүргізілген эксперименттерде тартқыш ерітіндінің концентрациясы артқан сайын су ағынының да ұлғаятыны байқалды, 70% сахароза қолданған кезде максималды су ағыны 31,33 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup> болды, ал регенерациядан кейінгі таза судың көлемі 105 см<sup>3</sup> құрады. Аммоний бикарбонатын қолдану арқылы теңіз суын тұщыландыру тәсілі ең тиімді және экономикалық тұрғыдан орынды болды, 3,846 моль/л концентрациядағы тартқыш ерітіндімен максималды су ағыны 71,5 л·м<sup>-2</sup>·сағ<sup>-1</sup> құрады. Судың регенерациясы ерітіндіні 36-70 °С температуралық интервалда термиялық өңдеумен жүзеге асырылды, бұл ретте ерітіндіні дайындау үшін пайдаланылған судың көлемін қоспағанда, 556 см<sup>3</sup> таза су алынды.

Алынған нәтижелер тұзды суларды тиімді тұщыландыру үшін тікелей осмостың елеулі әлеуетін растайды, бұл Қазақстанды қоса алғанда, әлемдегі таза суға қол жеткізу проблемасын шешу үшін маңызды мәнге ие.

**Түйін сөздер:** тікелей осмос, тартқыш ерітінді, тұщыландыру, теңіз суы, осмостық қысым, су ағыны.

## STUDY OF SEAWATER DESALINATION BY FORWARD OSMOSIS METHOD

<sup>1</sup>K.A. Kurtibay , <sup>1</sup>A. Kappassuly, <sup>2</sup>Ye.Ye. Zhatkanbayev, <sup>3</sup>Zh.K. Zhatkanbayeva,  
<sup>1</sup>M.B. Sultankul, <sup>1</sup>N.B. Moldagulova, <sup>1</sup>A.A. Ussanova, <sup>1</sup>G.A. Danlybayeva

<sup>1</sup> «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup> Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup> L.N. Gumilyev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,  
 e-mail: kurtibayqb@gmail.com

The article deals with the methods of desalination of sea salt water by forward osmosis using different draw solutions with high osmotic pressure at different concentrations. The study covers the use of sodium chloride, sucrose and ammonium bicarbonate. Seawater from the Caspian and Mediterranean seas, as well

as sodium chloride solutions with concentrations corresponding to the salinity of seawater were used as starting solutions.

The experimental results confirmed a direct correlation between the concentration of the draw solution and the water flow. High concentration of the draw solution leads to an increase in osmotic pressure, which favours an increase in water flux through the membrane. The maximum water flux was recorded on the first day of the experiment. Using sodium chloride at concentrations of 9%, 18% and 25% for Mediterranean desalination, the water flux through the membrane was  $20.29 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $55.7 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $81.12 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectively. Compared to reverse osmosis, which has a capacity of  $7.5 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}/\text{kPa}$ , the forward osmosis method shows a significant advantage. The volume of pure water obtained at concentrations of 9%, 18% and 25% was  $272 \text{ cm}^3$ ,  $647 \text{ cm}^3$  and  $741 \text{ cm}^3$  respectively. Thus, it can be concluded that as the mass concentration of sodium chloride solution increases, the volume of pure water obtained also increases with increasing mass concentration of sodium chloride solution used as a draw solution. In desalination of Caspian Sea water, the maximum water flux with 25% draw solution was reached on the first day of the experiment and was  $91.0 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ , the volume of pure water after regeneration was  $579 \text{ cm}^3$ . Experiments with sucrose showed that the water flux increased with increasing concentration of extraction solution, the maximum water flux reached  $31.33 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  when 70% sucrose was used. The volume of pure water after regeneration was  $105 \text{ cm}^3$ . The method of seawater desalination using ammonium bicarbonate proved to be the most effective and economically feasible, providing a maximum water flux of  $71.5 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  at a draw solution concentration of  $3.846 \text{ mol/l}$ . Water regeneration was carried out by thermal treatment of the solution in the temperature range of  $36\text{-}70 \text{ }^\circ\text{C}$ , and  $556 \text{ cm}^3$  of pure water was obtained, not including the volume of water used for solution preparation.

The results obtained confirm the significant potential of forward osmosis for effective desalination of saline water, which is important for solving the problem of access to clean water in the world, including Kazakhstan.

**Keywords:** forward osmosis, draw solution, desalination, seawater, osmotic pressure, water flux.

**Введение.** Вода, независимо от ее состояния, является ключевым элементом, через который климат влияет на человека, окружающую среду и социальное благополучие. Она играет фундаментальную роль в формировании условий жизни, поддерживает жизненные процессы на планете и обеспечивает основу для экономического и социального развития.

Цели устойчивого развития (ЦУР) Организации Объединенных Наций (ООН), установленные 15 сентября 2015 года под названием «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», имеют решающее значение в контексте нехватки воды. По оценкам экспертов по водным ресурсам казахстанского офиса ПРООН, в нашей стране начинает складываться дефицит водных ресурсов, и, по предварительным прогнозам, к 2040 году этот дефицит может достичь 50% от общей потребности. Поскольку питьевая вода

необходима практически всем отраслям экономики, ее нехватка в регионах страны может привести к снижению ВВП Казахстана примерно на 6 % к 2050 году, что представляет собой серьезный вызов для развития национальной экономики [1]. Растущий дефицит водных ресурсов представляет собой еще одну из угроз, стоящих перед человечеством. По прогнозам, к 2050 году до половины городского населения мира может столкнуться с нехваткой воды [2]. По оценкам, на Земле имеется  $1\,386\,000\,000\,000 \text{ km}^3$  воды, которая покрывает около 70% нашей планеты. Вода существует в трех основных формах: соленая вода (97,5%), пресная вода (0,5%) и другие формы, такие как ледниковый лед/снег (2,5%) [3]. Учитывая, что спрос на воду будет продолжать расти вместе с ростом населения планеты, ожидается, что научные и инженерные решения сыграют решающую роль в решении некоторых водных проблем на планете

[4]. Развитие нескольких технологий очистки воды фактически сделало большинство источников воды безопасными для различных целей, включая воду из нетрадиционных источников.

В последнее время прямой осмос как новая мембранная технология привлекает к себе огромное внимание в связи с ее использованием для очистки воды [5]. Прямой осмос — это процесс, при котором вода перемещается через полупроницаемую мембрану под воздействием разницы осмотического давления [6]. В ходе прямого осмоса полупроницаемая мембрана разделяет два раствора с разной концентрацией. Высококонтрированный раствор называется «вытяжным» (draw), а низкоконтрированный — «исходным» (feed). Это объясняется тем, что в процессе раствор с высокой соленостью «вытягивает» воду из раствора с низкой соленостью, который в свою очередь «подаёт» воду в процесс [7]. Различие в осмотическом давлении между двумя растворами является движущей силой, которая приводит к миграции воды с более разбавленной стороны на сторону с более концентрированным раствором [8]. В случае обратного осмоса на сторону с более разбавленным раствором оказывается давление, превышающее осмотическое давление, что заставляет воду перемещаться от концентрированной стороны к менее концентрированной.

Согласно исследованию Suwaileh W. А и коллег [9], несмотря на явные плюсы, прямой осмос сталкивается с определенными проблемами, что ограничивает его использование. Признание и понимание этих ограничений играют важную роль в оптимизации использования данной технологии. Одной из ключевых проблем является поиск подходящих мембран, обеспечивающих высокий объем перерабатываемой воды при минимальном обратном потоке соли.

Среди этих преимуществ возможность эксплуатации прямого осмоса при низких затратах, поскольку вода движется через мембрану от исходного раствора к раствору за счет градиента осмотического давления, а не гидравлического давления. Это способствует тому, что процесс прямого осмоса обеспечивает не только низкое

энергопотребление системы и высокую адаптивность, но и высокий поток воды и меньшее загрязнение мембраны за счет отбраковки широкого спектра загрязняющих веществ [10]. Как следствие, для прямого осмоса требуется высококонцентрированный раствор для вытяжки, чтобы вызвать движущую силу разделения, и, таким образом, молекулы воды начнут переходить из исходного материала в раствор для извлечения [11,12]. В процессе этого процесса большинство растворенных молекул или многозарядные ионы, уже присутствующие в питательной воде, задерживаются мембраной. По мере того, как вода продолжает проходить через мембрану, вытяжной раствор становится более разбавленным, что приводит к снижению осмотического давления вытягивающего раствора, в то время как осмотическое давление исходного раствора увеличивается, пока не будет достигнуто точки осмотического равновесия. Это определит конечную концентрацию разбавленного вытягивающего раствора, который требует дополнительного процесса для удаления растворенного вещества и получения чистой воды, поскольку продукт (т.е. разбавленный вытяжной раствор) не может потребляться непосредственно в виде пресной воды [12]. Таким образом, мембранный прямой осмос и раствор для вытяжки, безусловно, являются сердцем системы прямого осмоса (FO-системы) и играют важную роль в продвижении прямого осмоса к коммерциализации.

Вытяжной раствор является фундаментальным компонентом процесса прямого осмоса и источником его движущей силы. Он представляет собой концентрированный раствор с более высоким осмотическим давлением для извлечения воды из сырья через мембрану. Развитие технологии прямого осмоса зависит от наличия подходящего вытяжного раствора. В последнее время были предприняты значительные усилия для разработки нового вытяжного раствора, который соответствует следующим критериям: высокая проницаемость для воды, низкая обратная диффузия солей, минимальная вязкость, устойчивость к загрязнению, химическая стабильность и совместимость с мембраной, отсутствие ток-

сичности, нейтральный рН, низкая стоимость и быстрое восстановление разбавленного раствора с низким энергопотреблением [13,14,15].

Одно из ранних исследований, касающихся применения прямого осмоса для опреснения морской соленой воды, было опубликовано в 1975 году [16]. В этой статье было подтверждено, что возможно осуществить опреснение морской воды Атлантического океана с использованием мембраны FO и раствора глюкозы в качестве вытягивающего раствора. Применение гибридного процесса FO-NF (наночистки) для опреснения соленой воды вместо отдельной установки обратного осмоса привело к уменьшению загрязнения в процессе наночистки и достижению высокой эффективности восстановления воды (более 90%) благодаря добавлению этапа прямого осмоса [17]. McCutcheon J. R и его коллеги [18] исследовали возможность применения прямого осмоса для опреснения морской воды с содержанием NaCl от 0,05 до 2 М. В большинстве экспериментов было достигнуто удаление солей на уровне от 95% до 99% при использовании различных концентраций аммиачно-углекислотного раствора (раствор бикарбоната аммония). В другом исследовании плоская целлюлозно-триацетатная FO-мембрана использовалась для опреснения воды, обеспечивая высокий поток воды и высокое солеотделение (более 95 %) при использовании бикарбоната аммония в качестве вытягивающего раствора [19].

В проведенных исследованиях [16-19] было продемонстрировано высокое эффективное удаление NaCl и минимальное загрязнение мембраны в процессе прямого осмоса. Однако для достижения желаемого объема потока воды необходимо, чтобы концентрация вытягивающего раствора была выше, чем концентрация морской воды (исходного раствора), чтобы создать достаточный градиент осмотического давления. Кроме того, выходным продуктом является не только чистая вода, а разбавленный раствор, что требует дополнительной обработки для регенерации как воды, так и вытягивающего раствора. Следует отметить, что эта вторичная обработка всегда

требует больше энергии, чем первичный этап опреснения с точки зрения термодинамики.

Для процесса опреснения морской воды разработаны разнообразные FO-мембраны, которые характеризуются высоким водяным потоком, низким обратным потоком соли и высокой степенью очистки. Эти мембраны выпускаются в различных конфигурациях и из разных материалов, чтобы устранить определенные недостатки в процессе прямого осмоса или удовлетворить конкретные требования к проектированию. Данное направление открывает новые перспективы для создания новых улучшенных методов прямого осмоса, разработки полупроницаемых мембран и вытяжных растворов требуется обширные исследования.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследований по опреснению морской соленой воды были отобраны образцы в объеме 2 л из Средиземного и Каспийского моря. В ходе выполнения научно-исследовательской работы были использованы следующие материалы и реактивы: органическое стекло (Destek, Россия-Германия), мембрана на основе полиакриламидного тонкопленчатого композита марки Atoll TW40-1812-50 (Тайвань), хлорид натрия х.ч. 99,5% (Sigma-Aldrich), D (+) сахароза 99% (Sigma-Aldrich), порошкообразный активированный уголь (Sigma-Aldrich).

Для определения концентрации растворов хлорида натрия и сахарозы использовался метод рефрактометрии с использованием рефрактометра серии Abbemat 350/550 Performance Plus (Anton Paar, Австрия). Все анализы проводились в трехкратной повторности.

Определение концентрации бикарбоната аммония ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) проводилось посредством построения градуировочного графика в зависимости концентрации от плотности пробы. Плотность растворов измерялась методом денситометрии на Density Meter (плотномер) DMA™ 4500 M (Anton Paar, Австрия). Строение градуировочного графика осуществилось путем подготовки растворов разной концентрации и измерением плотности каждого из раствора бикарбоната аммония. Все анализы проводились в трехкратной



повторности. Для установления достоверности получаемых результатов концентрация некоторых точек (начальная, средняя, конечная пробы) растворов бикарбоната натрия были определены государственными стандартами: ГОСТ 26716-85 «Удобрения органические. Методы определения аммонийного азота» и ГОСТ 31957-2012 «Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов».

Определение объема получаемой чистой воды оценивалось разницей концентраций в процессе разбавления вытяжного раствора. При этом объеме воды, израсходованный для приготовления вытяжного раствора с определенной концентрацией, не учитывался.

Осмотическое давление растворов с известной концентрацией определялось по уравнению осмотического давления ( $\pi$ ) Вант-Гоффа:

$$\pi = C(x)RT \quad (1)$$

Градиент осмотического давления исходного и вытяжного растворов определялся по уравнению:

$$\Delta\pi = \pi_{DS} - \pi_{FS} \quad (2)$$

Поток воды определяется по переносу воды через полупроницаемую мембрану за счет разницы осмотического давления по уравнению [20]:

$$J_w = A(\pi_{DS} - \pi_{FS}) \quad (3)$$

Анализ и обработка полученных данных осуществлялся посредством подсчетов и уравнений, а также были построены визуализации в виде графиков и диаграмм с использованием программного обеспечения Microsoft Excel (Office 16).

**Результаты и обсуждение.** Опреснение морской воды с помощью прямого осмоса имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами опреснения. Прямой осмос требует меньше энергии, чем другие методы опреснения, такие как обратный осмос. Это связано с тем, что процесс основан на разнице осмотического давления между морской водой и вытяжного

раствора для пропускания воды через мембрану, а не на использовании насосов высокого давления или тепловой энергии.

Это делает прямой осмос более устойчивой и экономически эффективной альтернативой традиционным методам опреснения. Поскольку прямой осмос требует меньше энергии, он оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем другие методы опреснения что соответствует тенденции зеленой химии. Энергоемкие методы опреснения могут способствовать выбросам парниковых газов и изменению климата. Прямой осмос производит меньше отходов, чем другие методы опреснения, поскольку вытяжной раствор можно регенерировать и использовать повторно. Прямой осмос имеет потенциал для более высоких показателей восстановления воды, чем традиционные методы опреснения, так как вытяжной раствор можно использовать повторно. Это уменьшает количество морской воды, которую необходимо обрабатывать, снижая воздействие процесса на окружающую среду. ФО может очищать загрязненную воду низкого качества, такую как сточные воды. Это связано с тем, что для этого процесса не требуется высококачественный исходный раствор, который может быть дорогостоящим [3,21,22].

#### *Моделирование системы прямого осмоса*

В качестве систем прямого осмоса была разработана установка из оргстекла (экструзионное акриловое стекло), которая состоит из двух отсеков, разделенных перегородкой. На нижней части перегородки было выполнено квадратное отверстие размером 100×100 мм, на котором устанавливалась полупроницаемая мембрана на основе полиакриламидного тонкопленчатого композита марки Atoll TW40-1812-50 (Тайвань), играющая ключевую роль в процессе прямого осмоса. Коэффициент проницаемости (L) данной мембраны составляет  $-7,5 \text{ л} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1} / \text{кПа}$  а площадь поверхности мембраны (A) исходя из размера используемой в экспериментальной системе прямого осмоса полупроницаемой мембраны составляет  $-0,01 \text{ м}^2$ . Объем каждого отсека составлял 2 литра. Визуализированная схема системы прямого осмоса показана на рисунке 1.



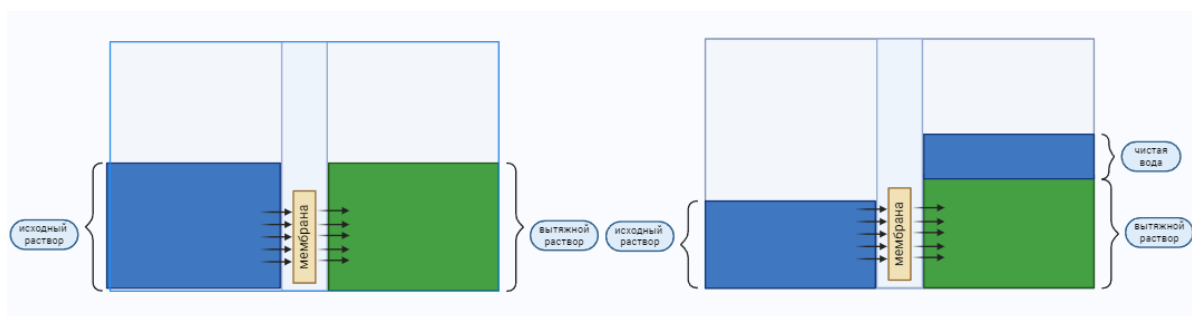


Рис. 1 – Визуализированная схема системы прямого осмоса

**Опреснение морской воды методом прямого осмоса с использованием растворов хлорида натрия (NaCl)**

**Таблица 1 - Опреснение морской воды с использованием 9% NaCl**

Время		Начальная концентрация исходного раствора – 3,7%		Осмотическое давление ( $\pi$ ) FS, Па	Начальная концентрация вытяжного раствора – 9%		Осмотическое давление ( $\pi$ ) DS, Па	$\Delta\pi$ , Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>
		Концентрация исходного раствора			Концентрация вытяжного раствора				
час	день	%	моль/л		%	моль/л			
0	0	3,7	0,632	–	9	1,538	–	–	–
12	0,5	3,95	0,675	1,673*10 <sup>3</sup>	8,74	1,494	3,702*10 <sup>3</sup>	2,029*10 <sup>3</sup>	20,29
24	1	4,21	0,72	1,783*10 <sup>3</sup>	8,47	1,448	3,587*10 <sup>3</sup>	1,804*10 <sup>3</sup>	18,04
36	1,5	4,35	0,744	1,842*10 <sup>3</sup>	8,25	1,41	3,494*10 <sup>3</sup>	1,652*10 <sup>3</sup>	16,52
48	2	4,6	0,786	1,948*10 <sup>3</sup>	8,1	1,385	3,430*10 <sup>3</sup>	1,482*10 <sup>3</sup>	14,82
60	2,5	4,86	0,831	2,058*10 <sup>3</sup>	7,95	1,359	3,367*10 <sup>3</sup>	1,309*10 <sup>3</sup>	13,09
72	3	4,97	0,85	2,105*10 <sup>3</sup>	7,83	1,338	3,316*10 <sup>3</sup>	1,211*10 <sup>3</sup>	12,11
84	3,5	5,08	0,868	2,151*10 <sup>3</sup>	7,72	1,32	3,270*10 <sup>3</sup>	1,118*10 <sup>3</sup>	11,18
96	4	5,2	0,889	2,202*10 <sup>3</sup>	7,59	1,297	3,214*10 <sup>3</sup>	1,012*10 <sup>3</sup>	10,12
108	4,5	5,29	0,904	2,240*10 <sup>3</sup>	7,46	1,275	3,159*10 <sup>3</sup>	0,919*10 <sup>3</sup>	9,19
120	5	5,41	0,925	2,291*10 <sup>3</sup>	7,38	1,262	3,126*10 <sup>3</sup>	0,834*10 <sup>3</sup>	8,34
132	5,5	5,49	0,938	2,325*10 <sup>3</sup>	7,25	1,239	3,070*10 <sup>3</sup>	0,745*10 <sup>3</sup>	7,45
144	6	5,56	0,95	2,355*10 <sup>3</sup>	7,18	1,227	3,041*10 <sup>3</sup>	0,686*10 <sup>3</sup>	6,86
156	6,5	5,59	0,956	2,367*10 <sup>3</sup>	7,12	1,217	3,015*10 <sup>3</sup>	0,648*10 <sup>3</sup>	6,48
168	7	5,62	0,961	2,380*10 <sup>3</sup>	7,07	1,209	2,994*10 <sup>3</sup>	0,614*10 <sup>3</sup>	6,14

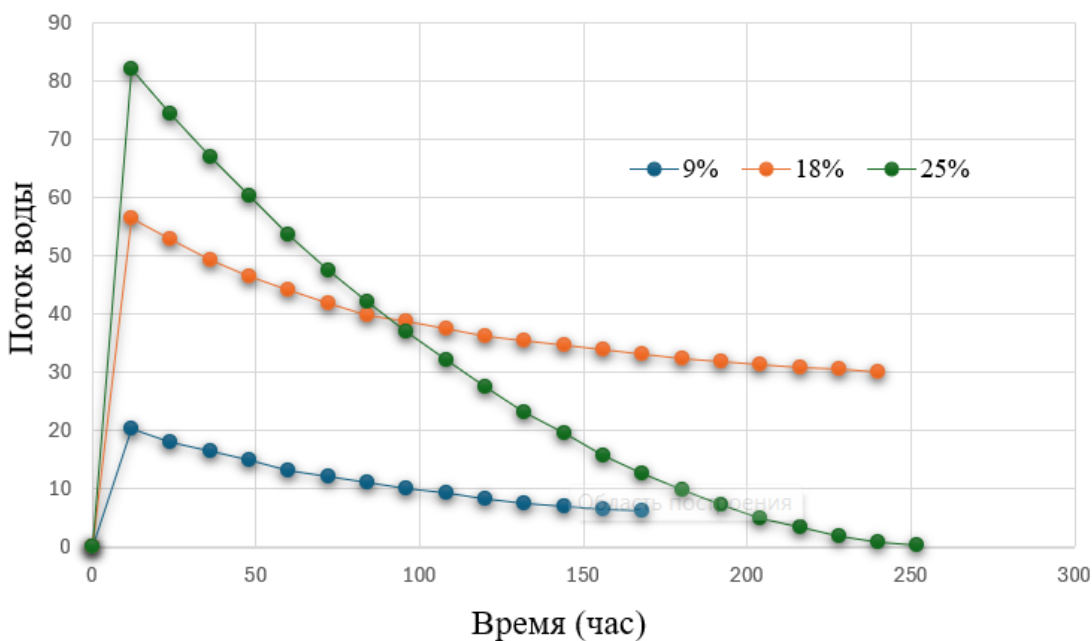
В ходе эксперимента в качестве полупроницаемой мембраны применялась коммерческая мембрана на основе полиакриламидного тонкопленчатого композита марки Atoll TW40-1812-50 (Тайвань). Коэффициент проницаемости (L) данной мембраны составляет – 7,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>/Па а площадь поверхности мембраны (A) исходя из размера используемой в экспериментальной системе прямого осмоса полупроницаемой мембраны составляет – 0,01 м<sup>2</sup>. А также для постановки эксперимента по опреснению морской воды были выбраны исходный и вытяжные растворы следу-

ющих составов: в качестве исходного раствора использовалась морская вода (из Средиземного моря) с содержанием хлорида натрия (NaCl) в массовой концентрации 3,7%. Для вытяжных растворов были подготовлены растворы NaCl с концентрациями 9%, 18% и 25%. Исходные и вытяжные растворы были взяты для экспериментов по 1000 см<sup>3</sup>. Пробы для анализа отбирались каждые 12 часов. Эксперименты проводились при комнатной температуре в диапазоне 25-28<sup>0</sup>С. В таблицах 1-3 указаны данные по проведенному эксперименту по опреснению воды методом

прямого осмоса с использованием раствора хлорида натрия в разных концентрациях в качестве вытяжного раствора с относительно высоким осмотическим давлением.

**Таблица 2 - Опреснение морской воды с использованием 18% NaCl**

Время		Начальная концентрация исходного раствора – 3,7%		Начальная концентрация вытяжного раствора – 18%		Δπ, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>
		Концентрация исходного раствора	Осмотическое давление (π) FS, Па	Концентрация вытяжного раствора	Осмотическое давление (π) DS, Па		
час	день	%	моль/л	%	моль/л		
0	0	3,7	0,632	18	3,077	–	–
12	0,5	4,27	0,73	17,43	2,979	7,382*10 <sup>3</sup>	5,573*10 <sup>3</sup>
24	1	4,83	0,826	16,87	2,884	7,145*10 <sup>3</sup>	5,099*10 <sup>3</sup>
36	1,5	5,38	0,92	16,32	2,79	6,912*10 <sup>3</sup>	4,633*10 <sup>3</sup>
48	2	5,92	1,012	15,78	2,697	6,683*10 <sup>3</sup>	4,176*10 <sup>3</sup>
60	2,5	6,45	1,10 <sup>3</sup>	15,25	2,607	6,459*10 <sup>3</sup>	3,727*10 <sup>3</sup>
72	3	6,97	1,191	14,73	2,518	6,238*10 <sup>3</sup>	3,286*10 <sup>3</sup>
84	3,5	7,48	1,279	14,22	2,431	6,022*10 <sup>3</sup>	2,855*10 <sup>3</sup>
96	4	7,98	1,364	13,72	2,345	5,811*10 <sup>3</sup>	2,431*10 <sup>3</sup>
108	4,5	8,47	1,448	13,23	2,262	5,603*10 <sup>3</sup>	2,016*10 <sup>3</sup>
120	5	8,95	1,53	12,75	2,179	5,400*10 <sup>3</sup>	1,609*10 <sup>3</sup>
132	5,5	9,42	1,61	12,28	2,099	5,201*10 <sup>3</sup>	1,211*10 <sup>3</sup>
144	6	9,88	1,689	11,82	2,021	5,006*10 <sup>3</sup>	0,822*10 <sup>3</sup>
156	6,5	10,33	1,766	11,37	1,944	4,815*10 <sup>3</sup>	0,440*10 <sup>3</sup>
168	7	10,77	1,841	10,93	1,868	4,629*10 <sup>3</sup>	0,068*10 <sup>3</sup>



**Рис. 3 - Влияние концентрации вытяжного раствора на поток воды в зависимости от времени в процессе прямого осмоса**

Таблица 3 - Опреснение морской воды с использованием 25% NaCl

Время		Начальная концентрация исходного раствора – 3,7%		Начальная концентрация вытяжного раствора – 25%		Дл, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>		
		Концентрация исходного раствора		Осмотическое давление (π) FS, Па				Концентрация вытяжного раствора	
час	день	%	моль/л			%	моль/л		
0	0	3,7	0,632	–		25	4,274	–	
12	0,5	4,65	0,795	1,969*10 <sup>3</sup>		24,04	4,109	1,0181*10 <sup>4</sup>	
24	1	5,57	0,952	2,359*10 <sup>3</sup>		23,15	3,957	9,804*10 <sup>3</sup>	
36	1,5	6,44	1,101	2,727*10 <sup>3</sup>		22,23	3,8	9,415*10 <sup>3</sup>	
48	2	7,25	1,239	3,070*10 <sup>3</sup>		21,46	3,668	9,089*10 <sup>3</sup>	
60	2,5	8,01	1,369	3,392*10 <sup>3</sup>		20,68	3,535	8,758*10 <sup>3</sup>	
72	3	8,72	1,491	3,693*10 <sup>3</sup>		19,95	3,41	8,449*10 <sup>3</sup>	
84	3,5	9,38	1,603	3,973*10 <sup>3</sup>		19,31	3,301	8,178*10 <sup>3</sup>	
96	4	10	1,709	4,235*10 <sup>3</sup>		18,72	3,2	7,928*10 <sup>3</sup>	
108	4,5	10,58	1,809	4,481*10 <sup>3</sup>		18,13	3,099	7,678*10 <sup>3</sup>	
120	5	11,11	1,899	4,705*10 <sup>3</sup>		17,57	3,003	7,441*10 <sup>3</sup>	
132	5,5	11,61	1,985	4,917*10 <sup>3</sup>		17,05	2,915	7,221*10 <sup>3</sup>	
144	6	12,07	2,063	5,112*10 <sup>3</sup>		16,65	2,846	7,052*10 <sup>3</sup>	
156	6,5	12,48	2,133	5,285*10 <sup>3</sup>		16,2	2,769	6,861*10 <sup>3</sup>	
168	7	12,86	2,198	5,446*10 <sup>3</sup>		15,83	2,706	6,704*10 <sup>3</sup>	
180	7,5	13,2	2,256	5,590*10 <sup>3</sup>		15,54	2,656	6,581*10 <sup>3</sup>	
192	8	13,51	2,309	5,722*10 <sup>3</sup>		15,21	2,6	6,442*10 <sup>3</sup>	
204	8,5	13,76	2,352	5,828*10 <sup>3</sup>		14,92	2,55	6,319*10 <sup>3</sup>	
216	9	13,97	2,388	5,917*10 <sup>3</sup>		14,75	2,521	6,247*10 <sup>3</sup>	
228	9,5	14,13	2,415	5,984*10 <sup>3</sup>		14,57	2,491	6,171*10 <sup>3</sup>	
240	10	14,24	2,434	6,031*10 <sup>3</sup>		14,45	2,47	6,120*10 <sup>3</sup>	
252	10,5	14,31	2,446	6,061*10 <sup>3</sup>		14,36	2,455	6,082*10 <sup>3</sup>	

Из полученных данных экспериментов по опреснению соленой морской воды методом прямого осмоса с применением полупроницаемой мембраны и с использованием в качестве вытяжного раствора хлорида натрия в различных концентрациях для большей достоверности эксперимента можем наблюдать прямую зависимость между концентрацией и осмотическим давлением вытяжного раствора потоком воды через полупроницаемую мембрану. С увеличением концентрации вытяжного раствора в виде хлорида натрия в порядке 9%, 18% и 25% поток воды увеличивается в соответствующем порядке – 20,29 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>, 55,7 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> и 81,12 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>. Также, по данным, указанным в таблицах 1-3, можно сделать вывод, что с увеличением концентрации исходного раствора поток воды уменьшается в линейной зависимости. Это доказывает уменьшение скорости притока чистой

воды в отсек с вытяжным раствором. Высокая концентрация вытяжного раствора приводит к повышению осмотического давления, что стимулирует большой поток воды через мембрану. Это указывает на эффективность процесса прямого осмоса при использовании более концентрированных вытяжных растворов. Анализируя вышеуказанные данные в таблицах 1-3, можем заметить, что, в связи с выравниванием концентрации исходного и вытяжного растворов поток воды уменьшается. Исследована зависимость потока воды от времени, результаты которого приведены на рисунке 3.

В процессе опреснения морской воды методом прямого осмоса концентрированный раствор разбавляется за счет потока молекул воды через полупроницаемую мембрану до выравнивания осмотического давления. Регенерация чи-

стой воды из разбавленного вытяжного раствора проводится путем дистилляции раствора. При опреснении методом прямого осмоса с использованием растворов хлорида натрия в различных концентрациях были получены следующие результаты. При концентрации NaCl 9% объем чистой пресной воды составил 272 см<sup>3</sup>. При увеличении концентрации NaCl до 18% объем чистой воды увеличился до 647 см<sup>3</sup>. Наибольший объем чистой воды, равный 741 см<sup>3</sup>, был получен при концентрации раствора хлорида натрия 25%. Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением массовой концентрации раствора хлорида натрия используемый в качестве вытяжного раствора объем получаемой чистой воды также увеличивается.

Процесс прямого осмоса является неотъемлемой частью зеленой химии, так как он позволяет обеспечить доступ к пресной воде без исполь-

зования дорогостоящих химических реагентов или энергозатратных высоких температур, что снижает воздействие на окружающую среду и природные ресурсы.

Увеличение максимального потока воды при повышении концентрации вытяжного раствора свидетельствует о быстром и эффективном процессе опреснения соленой морской воды, что может быть важным фактором в обеспечении доступа к пресной воде в регионах с ограниченными ресурсами.

Таким образом, результаты эксперимента демонстрируют значительный потенциал прямого осмоса с применением концентрированных растворов хлорида натрия в качестве вытяжных растворов для эффективного, недорогого и быстрого опреснения соленых вод, что важно для решения проблем доступа к чистой воде в масштабах планеты.

**Таблица 4 - Опреснение морской воды из Каспийского моря с использованием 25% NaCl**

Время		Начальная концентрация исходного раствора – 3,7%		Осмотическое давление (π) FS, Па	Начальная концентрация вытяжного раствора – 25%		Осмотическое давление (π) DS, Па	Δл, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>
		Концентрация исходного раствора			Концентрация вытяжного раствора				
час	день	%	моль/л		%	моль/л			
0	0	1,6	0,274	–	25	4,274	–	–	–
12	0,5	2,55	0,436	1,080*10 <sup>3</sup>	24,04	4,109	1,018*10 <sup>4</sup>	9,100*10 <sup>3</sup>	91,0
24	1	3,47	0,593	1,470*10 <sup>3</sup>	23,15	3,957	9,804*10 <sup>3</sup>	8,334*10 <sup>3</sup>	83,3
36	1,5	4,34	0,742	1,838*10 <sup>3</sup>	22,23	3,8	9,415*10 <sup>3</sup>	7,577*10 <sup>3</sup>	75,8
48	2	5,15	0,88	2,181*10 <sup>3</sup>	21,46	3,668	9,088*10 <sup>3</sup>	6,907*10 <sup>3</sup>	69,1
60	2,5	5,91	1,01	2,503*10 <sup>3</sup>	20,68	3,535	8,758*10 <sup>3</sup>	6,255*10 <sup>3</sup>	62,6
72	3	6,62	1,132	2,804*10 <sup>3</sup>	19,95	3,41	8,449*10 <sup>3</sup>	5,645*10 <sup>3</sup>	56,4
84	3,5	7,28	1,244	3,083*10 <sup>3</sup>	19,31	3,301	8,178*10 <sup>3</sup>	5,095*10 <sup>3</sup>	51,0
96	4	7,9	1,35	3,346*10 <sup>3</sup>	18,72	3,2	7,928*10 <sup>3</sup>	4,582*10 <sup>3</sup>	45,8
108	4,5	8,48	1,45	3,591*10 <sup>3</sup>	18,13	3,099	7,678*10 <sup>3</sup>	4,087*10 <sup>3</sup>	40,9
120	5	9,01	1,54	3,816*10 <sup>3</sup>	17,57	3,003	7,440*10 <sup>3</sup>	3,624*10 <sup>3</sup>	36,2
132	5,5	9,51	1,626	4,028*10 <sup>3</sup>	17,05	2,915	7,222*10 <sup>3</sup>	3,194*10 <sup>3</sup>	31,9
144	6	9,97	1,704	4,222*10 <sup>3</sup>	16,65	2,846	7,051*10 <sup>3</sup>	2,829*10 <sup>3</sup>	28,3
156	6,5	10,38	1,774	4,396*10 <sup>3</sup>	16,2	2,769	6,860*10 <sup>3</sup>	2,464*10 <sup>3</sup>	24,6
168	7	10,76	1,839	4,557*10 <sup>3</sup>	15,83	2,706	6,704*10 <sup>3</sup>	2,147*10 <sup>3</sup>	21,5

*Опреснение морской воды из Каспийского моря методом прямого осмоса*

Данный эксперимент по опреснению морской

соленой воды проводился аналогично вышеуказанному эксперименту. Для постановки эксперимента по опреснению морской воды были выбраны исходный и вытяжной растворы следу-

ющих составов: в качестве исходного раствора использовалась морская вода (из Каспийского моря) с содержанием хлорида натрия (NaCl) в концентрации 1.6 %. Для вытяжного раствора был подготовлен раствор NaCl с концентрацией 25%, так как, проведенный ранее эксперимент указывает что, для достижения максимального потока воды в процессе опреснения воды методом прямого осмоса в качестве вытяжного раствора эффективно использовать растворов с высокой концентрацией. Пробы для анализа отбирались каждые 12 часов в течение 7 календарных дней. Эксперименты проводились при комнатной температуре 25°C. В таблице 4 указаны данные по проведенному эксперименту по опреснению воды методом прямого осмоса с использованием раствора хлорида натрия в концентрации 25% в качестве вытяжного раствора с относительно высоким осмотическим давлением.

На основе полученных данных по поставленному опыту на протяжении 7 календарных дней по опреснению морской соленой воды методом прямого осмоса так же наблюдаем тенденцию: чем выше концентрация вытяжного раствора, тем больше потока воды проходящая через полупроницаемую мембрану. Соответственно, максимальный поток воды при использовании 25% раствора хлорида натрия для опреснения морской воды с содержанием хлорида натрия – 1,6% составила -  $91,0 \text{ л} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ . Нужно заметить, максимальные потоки воды фиксируются на первых сутках эксперимента. В том числе высокий поток чистой воды обеспечивает относительно низкая концентрация солености воды Каспийского моря, которая составляет 1,6% чем соленой воды Средиземного моря. Возрастание потока воды при использовании в качестве исходного раствора морскую воду с более низкой концентрацией соли объясняется с меньшим загрязнением используемой мембраны и с низкой степенью отторжения солей. В процессе опреснения морской воды методом прямого осмоса концентрированный раствор разбавляется за счет потока молекул воды через полупроницаемую мембрану до выравнивания осмотического да-

вления. Объем чистой пресной воды полученной из морской воды Каспийского моря методом прямого осмоса составил  $579 \text{ см}^3$ . Чистую воду получили методом термической дистилляции из полученного после процесса опреснения воды методом прямого осмоса вытяжного раствора (разбавленный чистой водой). Объем полученной чистой воды был оценен не учитывая объем воды израсходованная для приготовления вытяжного раствора в виде хлорида натрия с массовой концентрацией 25%.

Следовательно, результаты эксперимента подтверждают значительный потенциал прямого осмоса с использованием концентрированных растворов хлорида натрия в качестве вытяжных растворов для эффективного, экономичного и быстрого опреснения соленых вод. Это имеет важное значение для решения проблемы доступа к чистой воде во всем мире, включая Казахстан.

*Опреснение морской воды методом прямого осмоса с использованием растворов сахарозы*

Углеводы, такие как сахароза, фруктоза, глюкоза и другие, благодаря своему высокому осмотическому давлению, могут успешно применяться в качестве эффективных вытяжных растворов для процесса опреснения морской соленой воды методом прямого осмоса, иногда их совместном использовании. Использование сахарозы, фруктозы и других позволяет производить питьевую воду, содержащую сахар в качестве водного энергетического напитка как альтернатива питьевой воды [23].

Опреснение морской воды производился с применением 35% и 70% растворов сахарозы в известных массовых концентрациях. Все процедуры по опреснению морской воды методом прямого осмоса выполнялись в аналогичном порядке и предыдущим экспериментом. В качестве соленой воды был использован раствор хлорида натрия с массовой концентрацией 3,5 %. Концентрация растворов была определена методом рефрактометрии. Пробы для анализов отбирались каждые 24 часов. Полученные данные по итогу эксперимента были изложены в таблицах 5-6.

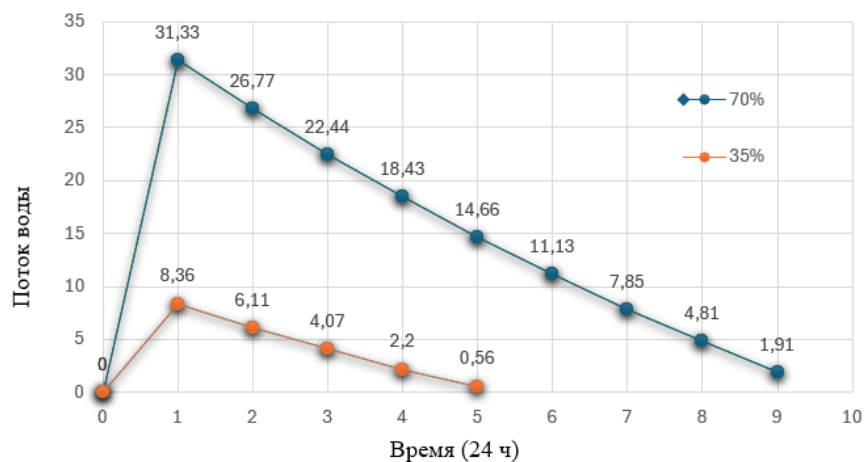


**Таблица 5 - Опреснение соленой воды с использованием 5% раствора сахарозы**

Время	Начальная концентрация исходного раствора – 3,5%		Начальная концентрация вытяжного раствора – 35%		Дл, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>		
	Концентрация исходного раствора		Концентрация вытяжного раствора					
	%	моль/л	%	моль/л				
0	3,5	0,598	–	35	1,023	–	–	
1	3,97	0,679	1,681*10 <sup>3</sup>	34,75	1,016	2,517*10 <sup>3</sup>	0,836*10 <sup>3</sup>	8,36
2	4,42	0,756	1,872*10 <sup>3</sup>	34,27	1,002	2,483*10 <sup>3</sup>	0,611*10 <sup>3</sup>	6,11
3	4,83	0,826	2,046*10 <sup>3</sup>	33,86	0,99	2,453*10 <sup>3</sup>	0,407*10 <sup>3</sup>	4,07
4	5,21	0,891	2,207*10 <sup>3</sup>	33,5	0,98	2,427*10 <sup>3</sup>	0,220*10 <sup>3</sup>	2,2
5	5,54	0,947	2,346*10 <sup>3</sup>	33,16	0,97	2,402*10 <sup>3</sup>	0,056*10 <sup>3</sup>	0,56

**Таблица 6 - Опреснение соленой воды с использованием 70% раствора сахарозы**

Время	Начальная концентрация исходного раствора – 3,5%		Начальная концентрация вытяжного раствора – 70%		Дл, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>		
	Концентрация исходного раствора		Концентрация вытяжного раствора					
	%	моль/л	%	моль/л				
0	3,5	0,598	–	70	2,047	–	–	
1	4,45	0,761	1,885*10 <sup>3</sup>	69,26	2,025	5,017*10 <sup>3</sup>	3,133*10 <sup>3</sup>	31,33
2	5,37	0,918	2,274*10 <sup>3</sup>	68,34	1,998	4,951*10 <sup>3</sup>	2,677*10 <sup>3</sup>	26,77
3	6,24	1,067	2,643*10 <sup>3</sup>	67,45	1,972	4,886*10 <sup>3</sup>	2,244*10 <sup>3</sup>	22,44
4	7,05	1,205	2,986*10 <sup>3</sup>	66,65	1,949	4,828*10 <sup>3</sup>	1,843*10 <sup>3</sup>	18,43
5	7,81	1,335	3,308*10 <sup>3</sup>	65,89	1,927	4,773*10 <sup>3</sup>	1,466*10 <sup>3</sup>	14,66
6	8,52	1,456	3,608*10 <sup>3</sup>	65,17	1,906	4,721*10 <sup>3</sup>	1,113*10 <sup>3</sup>	11,13
7	9,18	1,569	3,888*10 <sup>3</sup>	64,51	1,886	4,673*10 <sup>3</sup>	0,785*10 <sup>3</sup>	7,85
8	9,8	1,675	4,150*10 <sup>3</sup>	63,93	1,869	4,631*10 <sup>3</sup>	0,481*10 <sup>3</sup>	4,81
9	10,38	1,774	4,396*10 <sup>3</sup>	63,32	1,851	4,587*10 <sup>3</sup>	0,191*10 <sup>3</sup>	1,91



**Рис. 4 – Влияние концентрации вытяжного раствора на поток воды в зависимости от времени в процессе прямого осмоса**

Исходя из полученных данных очередной раз удостоверяемся, что поток воды при прямом осмосе зависит от концентрации вытяжного раствора. По полученным данным можем сказать величина потока воды увеличивается с повышением концентрации вытяжного раствора. Максимальный поток воды достигается в течение первого дня процесса прямого осмоса при массовой концентрации вытяжного раствора 70%. Значение максимального потока –  $31,33 \text{ л} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ . Уменьшение величины потока воды через мембрану происходит после первого дня. Это говорит о том, что значение потока чистой воды уменьшается с увеличением времени работы. Чем выше объема потока вещества, проходящей через полупроницаемую мембрану в процессе прямого осмоса, тем ниже значения потока воды, образующегося из-за снижения осмотического давления за счет разбавления раствора. Кроме того, уменьшение потока чистой воды с увеличением времени связано с возникновением концентрационной поляризации на поверхности мембраны [24]. Влияние концентрации вытяжного раствора на поток воды показано на рисунке 4.

Объем полученной чистой воды в двух экспериментах с 35% и 70% сахарозой в качестве вытяжного раствора составил соответственно  $54 \text{ см}^3$  и  $105 \text{ см}^3$ . Один из перспективных методов опреснения, прямой осмос с использованием растворов сахарозы в качестве вытяжного раствора, привлекает внимание эффективностью и потенциалом. Процесс прямого осмоса с применением сахарозы в качестве вытяжного раствора не требует высоких давлений, что снижает энергозатраты по сравнению с обратным осмосом. Сахароза является биоразлагаемым органическим соединением, что делает ее безопасной для окружающей среды и принимает тенденцию «зеленой химии». Этот метод обещает эффективное разведение солей и может стать значимым в решении проблемы доступа к пресной воде. Однако для его широкого применения необходимы дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию условий процесса и выбор оптимальных мембран, чтобы достичь максимальной эффективности и

экономической целесообразности.

*Опреснение морской воды методом прямого осмоса с использованием бикарбоната аммония*

Прямой осмос – это метод, где отделение воды от сырья происходит без использования внешнего давления. Движущей силой для этого процесса служит естественный осмотический градиент давления, который возникает между двумя сторонами полупроницаемой мембраны и способствует диффузии. Идеальный вытяжной раствор должен обладать повышенным осмотическим давлением и надежными характеристиками потока воды. Он должен легко регенерироваться при низких затратах, не содержать токсичных веществ, иметь возможность повторного использования и обеспечивать минимальный обратный поток.

Соли аммония действительно обладают рядом подходящих свойств для использования в качестве вытяжного раствора. При растворении в воде соли аммония ионизируются, образуя ионы, способные создавать раствор с высоким осмотическим давлением. Это повышенное осмотическое давление позволяет увеличить поток воды.

Кроме того, отделение соли аммония на последующем этапе не представляет сложности. При нагревании при умеренных температурах растворенные соли аммония, такие как бикарбонат аммония, легко отделяются путем распада на углекислый газ, газообразный аммиак и воду. Универсальность аммонийных солей делает их перспективными кандидатами в качестве вытяжного раствора. Одним из ключевых свойств этого раствора для вытяжки является его специфическое соотношение аммиака и углекислого газа. При увеличении концентрации аммиака формируется больше карбоната, что приводит к повышению осмотического давления вытяжного раствора.

Бикарбонат аммония выделяется из раствора при нагревании в виде разложившегося аммиака и углекислого газа. Основная реакция этого явления приведена ниже.



Постановка эксперимента по опреснению морской воды методом прямого осмоса с использованием бикарбоната аммония ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) в качестве вытяжного раствора осуществилась аналогично вышеуказанным методом. В качестве исходного раствора на данном эксперимента была использован раствор хлорида натрия с концентрацией 3,55%, а в виде вытяжного раствора был использован раствор бикарбоната аммония

с концентрацией 31,6% (4 моль/л). Пробы для анализа отбирались каждые 12 часов. Эксперименты проводились при комнатной температуре в диапазоне 25°C. В таблице 7 указаны данные по проведенному эксперименту по опреснению воды методом прямого осмоса с использованием раствора хлорида натрия в разных концентрациях в качестве вытяжного раствора с относительно высоким осмотическим давлением.

**Таблица 7 - Опреснение соленой воды методом прямого осмоса с использованием бикарбоната аммония**

Время		Начальная концентрация исходного раствора – 3,55%		Осмотическое давление ( $\pi$ ) FS, Па	Начальная концентрация вытяжного раствора – 31,6%		Осмотическое давление ( $\pi$ ) DS, Па	Дл, Па	Поток воды Jw, л·м <sup>-2</sup> ·ч <sup>-1</sup>
		Концентрация исходного раствора			Концентрация вытяжного раствора				
час	день	%	моль/л		%	моль/л			
0	0	3,55	0,607	–	31,6	4	–	–	–
12	0,5	4,77	0,815	2,020*10 <sup>3</sup>	30,38	3,846	9,528*10 <sup>3</sup>	7,508*10 <sup>3</sup>	75,1
24	1	5,97	1,021	2,528*10 <sup>3</sup>	29,18	3,694	9,151*10 <sup>3</sup>	6,623*10 <sup>3</sup>	66,2
36	1,5	7,15	1,222	3,028*10 <sup>3</sup>	28,32	3,585	8,882*10 <sup>3</sup>	5,853*10 <sup>3</sup>	58,5
48	2	8,31	1,421	3,519*10 <sup>3</sup>	26,84	3,397	8,417*10 <sup>3</sup>	4,898*10 <sup>3</sup>	49
60	2,5	9,45	1,615	4,002*10 <sup>3</sup>	25,74	3,258	8,072*10 <sup>3</sup>	4,070*10 <sup>3</sup>	40,7
72	3	10,57	1,807	4,477*10 <sup>3</sup>	24,58	3,111	7,709*10 <sup>3</sup>	3,232*10 <sup>3</sup>	32,3
84	3,5	11,67	1,995	4,942*10 <sup>3</sup>	23,48	2,972	7,364*10 <sup>3</sup>	2,421*10 <sup>3</sup>	24,2
96	4	12,75	2,179	5,400*10 <sup>3</sup>	22,43	2,839	7,034*10 <sup>3</sup>	1,635*10 <sup>3</sup>	16,3
108	4,5	13,81	2,361	5,849*10 <sup>3</sup>	21,34	2,701	6,693*10 <sup>3</sup>	0,844*10 <sup>3</sup>	8,4
120	5	14,85	2,538	6,289*10 <sup>3</sup>	20,33	2,573	6,376*10 <sup>3</sup>	0,087*10 <sup>3</sup>	0,9
132	5,5	15,85	2,709	6,713*10 <sup>3</sup>	21,33	2,7	6,689*10 <sup>3</sup>	-0,023*10 <sup>3</sup>	-0,2

На основе данных, представленных в таблице 7, можно сделать вывод об эффективности применения солей аммония, которые благодаря своим ионным силам в растворе обладают высоким осмотическим давлением, что ускоряет процесс прямого осмоса и позволяет достигать высокого потока воды при относительно низких концентрациях. В данном эксперименте максимальный поток воды достигался в первой половине суток и составил 71,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при концентрации бикарбоната аммония 3,846 моль/л. Эксперимент проводился до тех пор, пока осмотическое давление в двух отсеках не достигло равновесного со-

стояния. Когда наступает состояние равновесия (в нашем случае через 120 часов), эксперимент следует остановить, поскольку может произойти обратная диффузия воды через полупроницаемую мембрану. Доказательством этого являются полученные анализы проб на 132-й час эксперимента, показывающие обратное значение потока воды и градиента осмотического давления.

Восстановление чистой воды из разбавленного вытяжного раствора бикарбоната аммония проводится термической обработкой. Распад бикарбоната аммония происходит по уравнению (4) при умеренном нагреве в интервале температур

36-70 °С с образованием газообразного аммиака и угольной кислоты, которая в свою очередь распадается на углекислый газ и воду. Таким образом, осуществляется восстановление чистой воды на втором этапе опреснения морской воды с использованием бикарбоната аммония в качестве вытяжного раствора. Объем полученной чистой воды составил 556 см<sup>3</sup>, не включая объем воды, использованной для приготовления вытяжного раствора бикарбоната аммония с концентрацией 4 моль/л.

**Выводы.** В заключение изучения различных способов опреснения морской соленой воды проведены серии экспериментов, результаты которых позволяют сделать ряд важных выводов. На основе полученных данных в ходе эксперимента по опреснению соленой морской воды методом прямого осмоса с использованием полупроницаемой мембраны и вытяжного раствора хлорида натрия различных концентраций была выявлена прямая зависимость между концентрацией вытяжного раствора и осмотическим давлением, а также потоком воды через мембрану.

С увеличением концентрации вытяжного раствора в виде хлорида натрия (9%, 18% и 25%) поток воды увеличивался соответственно до 20,29 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>, 55,7 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> и 81,12 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>. Для сравнения, производительность обратного осмоса составляет 7,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup>/кПа. Высокая концентрация вытяжного раствора приводит к повышению осмотического давления, что стимулирует большой поток воды через мембрану, подтверждая эффективность процесса прямого осмоса при использовании более концентрированных вытяжных растворов. Объем полученной чистой пресной воды при концентрациях 9%, 18% и 25% составил 272 см<sup>3</sup>, 647 см<sup>3</sup> и 741 см<sup>3</sup> соответственно, что подтверждает рост объема воды с увеличением концентрации раствора.

Результаты семидневного эксперимента по опреснению морской воды методом прямого осмоса показали, что с увеличением концентрации вытяжного раствора возрастает и поток воды через мембрану. Максимальный поток воды составил 91,0 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при использовании 25%-ного раствора хлорида натрия для опрес-

нения морской воды с содержанием хлорида натрия 1,6%. Этот максимум был достигнут уже в первый день эксперимента, при этом объем полученной чистой воды составил 579 см<sup>3</sup>. Эксперименты по опреснению соленой воды с использованием растворов сахарозы различных концентраций также подтвердили зависимость потока воды от концентрации вытяжного раствора. Максимальный поток воды достиг 31,33 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при использовании 70%-ного раствора сахарозы. Объем чистой воды после регенерации составил 105 см<sup>3</sup>. Процесс прямого осмоса с сахарозой не требует высоких давлений, что снижает энергозатраты по сравнению с обратным осмосом. Сахароза является биоразлагаемым органическим соединением, что делает ее безопасной для окружающей среды и соответствует тенденциям «зеленой химии». Хотя производительность метода с сахарозой немного ниже, чем при использовании хлорида натрия, этот метод обещает эффективное разведение солей и может стать значимым для решения проблемы доступа к пресной воде.

Наиболее энергоэффективным и экономически целесообразным способом опреснения морской воды оказалось применение солей аммония с высоким осмотическим давлением, что значительно ускоряет процесс прямого осмоса и обеспечивает высокий поток воды при низких концентрациях бикарбоната аммония. Максимальный поток воды был достигнут в начале эксперимента, составив 71,5 л·м<sup>-2</sup>·ч<sup>-1</sup> при концентрации 3,846 моль/л. Эксперимент завершился по достижении равновесного состояния осмотического давления, чтобы предотвратить обратный поток воды. Доказательством служат анализы проб на 132-м часу эксперимента, показывающие обратное значение потока воды и градиента осмотического давления. Регенерация чистой воды проводилась термической обработкой разбавленного вытяжного раствора бикарбоната аммония в интервале температур 36-70 °С, что успешно обеспечило чистую воду на втором этапе опреснения и снизило потребление тепловой энергии. После регенерации было получено 556 см<sup>3</sup> чистой воды, не включая

объем воды, использованной для приготовления раствора бикарбоната аммония (4 моль/л).

Полученные результаты подчеркивают значимость прямого осмоса в области опреснения воды и указывают на необходимость дальнейших интегрированных исследований. Эти результаты

подтверждают значительный потенциал использования концентрированных растворов хлорида натрия в процессе прямого осмоса для эффективного опреснения соленых вод, что имеет важное значение для решения проблемы доступа к чистой воде во всем мире, включая Казахстан.

### References

1. United Nations Development Programme (Kazakhstan). Kak izmenenie klimata vliyaet na vodnye resursy Kazakhstana. Stat' ya ot 21.10.2021. URL: <https://www.undp.org/ru/kazakhstan/stories/kak-izmenenie-klimata-vliyaet-na-vodnye-resursy-kazakhstana> (data obrashchaniya: 15.02.2024). [in Russian]
2. He C. et al. Future global urban water scarcity and potential solutions //Nature Communications. 2021. Vol. 12(1). DOI:10.1038/s41467-021-25026-3
3. Khawaji A.D., Kutubkhanah I.K., Wie J.M. Advances in seawater desalination technologies // Desalination. – 2008. - Vol. 221(1-3). - P. 47-69. DOI 10.1016/j.desal.2007.01.067
4. Jury W.A., Vaux Jr.H. The role of science in solving the world' s emerging water problems //Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2005. - Vol. 102. - №. 44. - P. 15715-15720. DOI 10.1073/pnas.0506467102
5. Mohammadifakhr M., de Grooth J., Roesink, H.D., & Kemperman A.J. Forward osmosis: A critical review //Processes. - 2020. - Vol. 8(4). - P. 404. DOI 10.3390/pr8040404
6. Cath T. Y., Childress A. E., Elimelech M. Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments //Journal of membrane science. - 2006. - Vol. 281(1-2). - P. 70-87. DOI 10.1016/j.memsci.2006.05.048
7. Bajraktari N., Hélix-Nielsen C., Madsen H. T. Pressure retarded osmosis from hypersaline sources-A review //Desalination.-2017. -Vol. 413.-P. 65-85. DOI 10.1016/j.desal.2017.02.017
8. Chung T.S., Zhang S., Wang, K.Y., Su J., & Ling M. M. Forward osmosis processes: Yesterday, today and tomorrow //Desalination.-2012.-Vol.287.- P.78-81. DOI 10.1016/j.desal.2010.12.019
9. Suwaileh W. A., Johnson D. J., Sarp S., & Hilal N. Advances in forward osmosis membranes: Altering the sub-layer structure via recent fabrication and chemical modification approaches //Desalination.-2018. -Vol. 436. -P. 176-201. DOI10.1016/j.desal.2018.01.035
10. Ge, Q., Su, J., Amy, G. L., & Chung, T. S. Exploration of polyelectrolytes as draw solutes in forward osmosis processes //Water research. - 2012. - Vol. 46.(4). - P. 1318-1326. DOI 10.1016/j.watres.2011.12.043
11. Ambrosi A., Al-Furaiji M., McCutcheon J. R., Cardozo N.S. M., & Tessaro, I. C. Transport of components in the separation of ethanol from aqueous dilute solutions by forward osmosis //Industrial & Engineering Chemistry Research. - 2018. - Vol. 57(8). - P. 2967-2975. DOI 10.1021/acs.iecr.7b04944
12. Phuntsho, S., Hong, S., Elimelech, M., & Shon, H. K. Osmotic equilibrium in the forward osmosis process: Modelling, experiments and implications for process performance //Journal of membrane science. -2014. - Vol. 453. - P. 240-252. DOI10.1016/j.memsci.2013.11.009
13. Aende A., Gardy J., Hassanpour A. Seawater desalination: A review of forward osmosis technique, its challenges, and future prospects //Processes. - 2020. - Vol. 8(8). - P. 901. DOI 10.3390/pr8080901



14. Qin J. J., Lay W. C. L., Kekre K. A. Recent developments and future challenges of forward osmosis for desalination: A review //Desalination and water treatment. - 2012. - Vol. 39(1-3). - P. 123-136. DOI 10.1080/19443994.2012.669167
15. Zhao S. et al. Recent developments in forward osmosis: Opportunities and challenges //Journal of membrane science. -2012.- Vol. 396.- P. 1-21. DOI 10.1016/j.memsci.2011.12.023
16. Kravath R. E., Davis J. A. Desalination of sea water by direct osmosis //Desalination. – 1975. -Vol. 16.(2) -P. 151-155. DOI 10.1016/s0011-9164(00)82089-5
17. Zhao S., Zou L., Mulcahy D. Brackish water desalination by a hybrid forward osmosis–nanofiltration system using divalent draw solute //Desalination. - 2012. - Vol. 284. - P. 175-181. DOI 10.1016/j.desal.2011.08.053
18. McCutcheon J. R., McGinnis R.L., Elimelech M. Desalination by ammonia–carbon dioxide forward osmosis: influence of draw and feed solution concentrations on process performance //Journal of membrane science. - 2006.-Vol. 278(1-2).- P.114-123. DOI 10.1016/j.memsci.2005.10.048
19. McCutcheon J. R., McGinnis R. L., Elimelech M. A novel ammonia—carbon dioxide forward (direct) osmosis desalination process //Desalination. -2005. - Vol. 174(№. 1). - P. 1-11. DOI 10.1016/j.desal.2004.11.002
20. Darwish M. A. et al. The forward osmosis and desalination //Desalination and Water Treatment. -2016.- Vol. 57(10).- P. 4269-4295. DOI 10.1080/19443994.2014.995140
21. Yangali-Quintanilla V. et al. Indirect desalination of Red Sea water with forward osmosis and low pressure reverse osmosis for water reuse //Desalination. -2011.-Vol. 280(1-3).-P. 160-166. DOI 10.1016/j.desal.2011.06.066
22. Gulied M. et al. Influence of draw solution type and properties on the performance of forward osmosis process: Energy consumption and sustainable water reuse //Chemosphere.- 2019.-Vol. 233.-P. 234-244. DOI 10.1016/j.chemosphere.2019.05.241
23. Saiful S. et al. Forward osmosis membrane to produce water energy drink from seawater //AIP Conference Proceedings.-AIP Publishing, 2020.- Vol. 2237(1). DOI 10.1063/5.0005201
24. Gao Y. et al. Characterization of internal and external concentration polarizations during forward osmosis processes //Desalination.-2014.-Vol.338.- P.65-73. DOI10.1016/j.desal.2014.01.021

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

K.A. Kurtibay - Master' s student, Research Associate of «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: kurtibayqb@gmail.com;

A. Kappassuly - Master of Engineering and Technology, Research Associate, «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: kappasuly@mail.ru;

Ye.Ye. Zhatkanbayev - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: erlan.ntp@mail.ru;

Zh.K. Zhatkanbayeva - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanna01011973@mail.ru;

M.B. Sultankul - Master' s student of technical sciences, junior researcher of «Scientific and Production Centre of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: m.sultankul@bk.ru;

N.B. Moldagulova - Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher, «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: m\_nazira1967@mail.ru;

A.A. Ussenova - Master of Natural Sciences, General Director, «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: ussenovaaall@gmail.com;

G.A. Danlybayeva – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: molgagulova\_elmira1968@mail.ru.

### *Сведения об авторах*

Қ.А. Куртибай - магистрант естественных наук, научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: kurtibayqb@gmail.com;

Ә. Қаппасұлы - магистр техники и технологии, научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: kappasuly@mail.ru;

Е.Е. Жатқанбаев - д.т.н., ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: erlan.ntp@mail.ru;

Ж.К. Жатқанбаева – к.х.н., доцент, Евразийский Национальный Университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: zhanna01011973@mail.ru;

М.Б.Султанкул- магистрант технических наук, младший научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: m.sultankul@bk.ru;

Н.Б.Молдагулова- к.в.н, ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: m\_nazira1967@mail.ru;

А.Ә.Үсенова - магистр естественных наук, генеральный директор ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: ussenovaaall@gmail.com;

Г.А.Данлыбаева -к.б.н. ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: molgagulova\_elmira1968@mail.ru.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ЗАВАРНОГО ПОЛУФАБРИКАТА

<sup>1</sup>М.Б. Абилова <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>А.М. Омаралиева, <sup>3</sup>Л.А. Козубаева, <sup>1</sup>Ш.К. Байшугулова

<sup>1</sup>НАО Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>АО Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Алтайский государственный технический университет им. И.И. Позунова, Барнаул, Россия

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: 0909\_dm@mail.ru

В кондитерской промышленности сохраняется тенденция роста объемов производства. В наибольшей степени прирост обеспечивается за счет мучных кондитерских изделий, удельный вес которых в общем объеме составляет 53,1%. Создание безглютеновых продуктов является востребованной областью в пищевой технологии, что обусловлено ростом числа людей, страдающих от целиакии или непереносимости глютена. Одним из популярных вариантов безглютеновых кондитерских изделий являются заварные полуфабрикаты. В статье рассмотрена оптимизация рецептурного состава заварного полуфабриката с использованием нутовой, кукурузной муки и меланжа. Проанализирована массовая доля компонентов и их влияние на удельный объем готового продукта, используя план Шеффе третьего порядка.

Полученные результаты позволили подобрать рецептуру заварного полуфабриката путем применения разработанной математической модели.

При математическом моделировании показано правильное сочетание нутовой, кукурузной муки в комбинации с меланжем, которое существенно изменила свойства заварного полуфабриката.

**Ключевые слова:** нутовая мука, кукурузная мука, меланж, план Шеффе, удельный вес, глютен, заварной полуфабрикат, рецептура.

## ГЛЮТЕНСІЗ ҚАЙНАТПАЛЫ ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТЫҢ РЕЦЕПТ ҚҰРАМЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

<sup>1</sup>М.Б. Абилова <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>А.М. Омаралиева, <sup>3</sup>Л.А. Козубаева, <sup>1</sup>Ш.К. Байшугулова

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті КеАҚ, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>3</sup>И. И. Ползунов атындағы Алтай мемлекеттік техникалық университеті, Барнаул, Ресей,  
e-mail: 0909\_dm@mail.ru

Кондитерлік өнеркәсіпте өндіріс көлемінің өсу үрдісі сақталуда. Өсім ең көп дәрежеде ұн кондитерлік өнімдерінің есебінен қамтамасыз етіледі, олардың үлес салмағы жалпы көлемде 53,1% құрайды. Глютенсіз өнімдерді жасау целиакия ауруы немесе глютенге төзбеушіліктен зардап шегетін адамдар санының өсуіне байланысты тамақ технологиясында сұранысқа ие сала болып табылады. Глютенсіз кондитерлік өнімдердің танымал нұсқаларының бірі-пісірілген жартылай фабрикаттар. Мақалада ноқат, жүгері ұны мен меланжды қолдана отырып, қайнатылған жартылай фабрикаттың рецептуралық құрамын оңтайландыру қарастырылады. Үшінші ретті шеффе жоспарын қолдана отырып, компоненттердің массалық үлесі және олардың дайын өнімнің меншікті көлеміне әсері талданады.

Алынған нәтижелер әзірленген математикалық модельді қолдану арқылы қайнатылған жартылай фабрикаттың рецептурасын таңдауға мүмкіндік берді.

Математикалық модельдеу кезінде ноқат, жүгері ұнының меланжмен үйлесімінде дұрыс үйлесімі көрсетілген, ол қайнатылған жартылай фабрикаттың қасиеттерін айтарлықтай өзгертті.

**Түйін сөздер:** ноқат ұны, жүгері ұны, меланж, шеффе жоспары, үлес салмағы, глютен, пісірілген жартылай фабрикат, рецепт.

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF GLUTEN-FREE SEMI-FINISHED CUSTARD

<sup>1</sup>M.B. Abilova, <sup>2</sup>A.M. Omaralieva, <sup>3</sup>L.A. Kozubaeva, <sup>1</sup>Sh.K. Baishugulova

<sup>1</sup> NJSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research University», Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup> K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup> Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russia,  
e-mail: 0909\_dm@mail.ru

The confectionery industry continues to see an upward trend in production volumes. To the greatest extent, the increase is provided by flour confectionery products, the share of which in the total volume is 53.1%. The creation of gluten-free products is a sought-after area in food technology, due to the growing number of people suffering from celiac disease or gluten intolerance. One of the popular options for gluten-free confectionery products are semi-finished custard products. The article considers the optimization of the formulation of a semi-finished custard using chickpea, corn flour and melange. The mass fraction of the components and their effect on the specific volume of the finished product are analyzed using the third-order Scheffe plan.

The results obtained made it possible to select the recipe of the semi-finished custard by applying the developed mathematical model.

Mathematical modeling shows the correct combination of chickpea and corn flour in combination with melange, which significantly changed the properties of the semi-finished custard.

**Keywords:** chickpea flour, corn flour, melange, Scheffe plan, specific gravity, gluten, semi-finished custard, recipe.

**Введение.** Производство специализированных продуктов развивается стремительными темпами, в частности продуктов питания, которые освобождены от определенных ингредиентов, не рекомендованных по медицинским показаниям некоторым группам населения. Это могут быть аллергены, олигосахариды и некоторые типы белков.

В настоящее время сегмент рынка специализированных пищевых продуктов питания расширяется. У людей, которым жизненно необходимы такие продукты питания, появляется возможность употребления пищи без ущемления своих вкусовых пристрастий и потребностей, а также возможность разнообразить свой дневной рацион за счет основных и дополнительных блюд. Большую часть рынка продуктов специализированного назначения занимают продукты импортного производства. К специализированным продуктам питания относят продукты, не содержащие глютен и рекомендованные людям, страдающим целиакией (непереносимостью глютена) [1].

Безглютеновая продукция должна соответствовать строгим стандартам, чтобы обеспечить потребителю не только безопасность, но и вкусо-

вые качества. Разработка таких изделий требует внимания к выбору компонентов, их взаимодействию и технологии обработки.

Одним из ключевых факторов, влияющих на качество безглютенового заварного полуфабриката, является структура его матрицы. Комплексные взаимодействия между различными видами муки и другими ингредиентами определяют не только текстуру, но и прочность, пористость и вкус готового изделия.

Оптимизация рецептуры безглютенового заварного полуфабриката позволяет не только улучшить его органолептические и текстурные свойства, но и создать продукт с высокой питательной ценностью. Важно учитывать не только количественные аспекты, но и качество исходных материалов.

Нутовая мука, получаемая из свежего или сухого нута, является богатым источником белка и клетчатки. Ее использование в безглютеновых рецептах способствует не только улучшению пищевой ценности, но и обогащению продукта витаминными и минеральными компонентами.

Как показывает практика, нутовая мука об-

ладает способности к образованию жидкостной матрицы, что позитивно сказывается на удержании влаги и формировании структуры теста. В семенах нута содержание жира достигает 8% и характеризуется наличием в нем жирных кислот. Наиболее важные из них – линолевая и олеиновая кислота, которые необходимы для человеку для осуществления ростовых процессов и различных физиологических функций. Они не синтезируются в организме человека, поэтому поддержание уровня этих кислот зависит только от поступления их с пищей [2].

Однако важно отметить, что она имеет специфический вкус, который может влиять на конечный продукт. Оптимальные массовые доли нутовой муки в рецептуре определяются через экспериментальные исследования. Кукурузная мука является еще одним популярным компонентом в безглютеновом производстве. Она отличается легкостью и нейтральным вкусом, что делает ее идеальным дополнением к другим видам муки. Кукурузная мука способствует улучшению структуры теста, а также повышает его органолептические свойства. Заварной полуфабрикат с заменой пшеничной муки кукурузной на 50% характеризуется высокими органолептическими показателями: он имеет правильную форму с небольшими трещинами на поверхности, большой объем и внутри образуется большая полость [3].

В процессе опытов по оптимизации рецептуры было установлено, что кукурузная мука взаимодействует с нутовой, создавая определенные текстурные и вкусовые характеристики. Ключевым моментом является баланс между этими двумя компонентами.

Высокое содержание кукурузной муки может привести к утрате питательных свойств, в то время как недостаток может негативно сказаться на текстуре. Молекулы глютенина кукурузы не способны образовывать непрерывную структуру в тесте вследствие наличия большого количества поперечных связей между молекулами белка. Количество глютелиновой фракции, экстрагируемой 0,2 %-ным раствором едкого натрия, в значительной степени зависит от условий

предшествующей экстракции: применение смеси 70 %-ного раствора этанола с уксуснокислым натрием понижает выход глютелиновой фракции по сравнению с экстракцией чистым этанолом. Поэтому в нашей работе кукурузная мука используется для улучшения качества, а также увеличения пищевой ценности и уменьшения калорийности мучных кондитерских изделий [4].

Меланж, представляющий собой смесь яиц и яичного порошка, в современных рецептурах используется для улучшения структуры и текстуры. Он не только увеличивает питательную ценность продукта, но и способствует улучшению его вкусовых качеств.

В исследуемых рецептурах меланж играет важную роль в формировании воздушности и легкости полуфабриката. Однако влияние массовой доли меланжа на удельный объем продукта также требует внимания. Лишнее количество этого компонента может негативно сказаться на конечном результате, что подчеркивает важность нахождения оптимальных пропорций [5,6].

Во многих процессах, связанных с пищевыми продуктами, в продуктах происходят значительные изменения объема и большая деформация. Типичные примеры: усадка фруктов и овощей во время конвективной сушки и мясных продуктов во время приготовления, расширение хлеба во время выпекания, расширение при экструзии. В некоторых случаях эти явления являются положительными и действительно являются характерной чертой процесса, например, расширение при выпечке и экструзии. С другой стороны, они могут представлять собой нежелательные изменения в других ситуациях, например, чрезмерную усадку во время сушки и приготовления пищи. Однако в любом случае для широкого круга процессов, условий эксплуатации и пищевых материалов значительное изменение объема и деформация являются частью процессов и, таким образом, неизбежны. Следовательно, необходимо лучше понять фундаментальные механизмы этих явлений в контексте пищевой инженерии, то есть развивать научные знания и полезные инструменты для описания и прогнозирования взаимосвязей между условиями обработки и



поведением пищевых материалов [7,8].

Математическое моделирование рецептуры при создании нового безглютенового кондитерского изделия имеет несколько ключевых преимуществ такие как оптимизация ингредиентов, прогнозирование результатов, экономия результатов, анализ свойств, индивидуальный подход.

Использование математического моделирования в разработке безглютеновых кондитерских изделий делает процесс более научным и систематизированным, что увеличивает шансы на успех в создании новых и вкусных продуктов [7,8,9].

Из вышеизложенного вытекает необходимость решения задачи применения математической обработки для создания рецептуры на основе зернобобовых и злаковых культур.

**Материалы и методы.** Для оптимизации рецептуры был разработан экспериментальный план на основе метода Шеффе третьего порядка. Данный подход позволяет эффективно варьировать массовые доли нутовой муки ( $x_1$ ), кукурузной муки ( $x_2$ ) и меланжа ( $x_3$ ), сохраняя при этом контроль над другими параметрами [10].

Оценочные эффекты полной модели для удельного объема представлены в таблице 2.

**Таблица 1 - План Шеффе и результаты опытов**

Номера опытов	Массовая доля компонентов						Удельный объем, см <sup>3</sup> /мг
	Кодированные значения			Натуральные значения			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	НМ, у	КМ, г	М, г	
1	1	0	0	54	0	0	9,7
2	2/3	1/3	0	35,6	18	0	10,2
3	2/3	0	1/3	35,6	0	18	10,2
4	1/3	2/3	0	18	35,6	0	10,5
5	1/3	1/3	1/3	18	18	18	10,8
6	1/3	0	2/3	18	0	35,6	10,6
7	0	1	0	0	54	0	10,4
8	0	2/3	1/3	0	35,6	18	10,7
9	0	1/3	2/3	0	18	35,6	10,9
10	0	0	1	0	0	54	10,8

**Таблица 2 - Оценочные эффекты полной модели для удельного объема**

Значения	Сумма квадратов	Различие	Средний квадрат	F-отношение	Значение P
Средний	1098,3	1	1098,3		
Линейный	0,985334	2	0,492667	14,95	0,003
Квадратичный	0,205143	3	0,0683809	10,72	0,0221
Специальный кубический	0,0209994	1	0,0209994	13,93	0,0335
Кубический	0,00452394	3	0,00150798		
Ошибка	-1,01E-13	0	0		
Итого	1099,52	10			

Переменными факторами при составлении рецептуры выступали массовые доли нутовой муки ( $x_1$ ), кукурузной муки ( $x_2$ ) и меланжа ( $x_3$ ) в составе рецептуры. Эти факторы варьировали в соответствии с планом Шеффе третьего порядка. Другие условия опытов оставались неизменными. Результаты опытов характеризовали изменение одного из показателей – удельный объем.

Компоненты заварного полуфабриката, образующие матрицу планирования, и результаты опытов приведены в таблице 1.

В таблице 2 показаны результаты подгонки различных моделей к данным удельного объема. Средняя модель состоит только из константы. Линейная модель состоит из членов первого порядка для каждой из компонент. Квадратичная модель добавляет перекрестные произведения

между парами компонентов. Специальная кубическая модель добавляет термины, включающие произведения трех компонентов. Кубическая модель добавляет другие члены третьего порядка. Каждая модель показана с Р-значением, которое проверяет, является ли эта модель статистически значимой по сравнению со средним квадратом для приведенного ниже термина. Обычно выбирают самую сложную модель с Р-значением менее 0,05, предполагая, что работа выполняется на уровне достоверности 95,0%. К сожалению, нет степеней свободы для ошибки, поэтому статистическую значимость кубической модели проверить невозможно. Добавление дополнительных запусков в дизайн облегчит эту проблему. Текущая выбранная модель — это специальная кубическая модель, дисперсионный анализ приведенная в таблице 3.

**Таблица 3 - Дисперсионный анализ удельного объема заварного полуфабриката (ANOVA)**

Значения	Сумма квадратов	Различие	Средний квадрат	F-отношение	Значение Р
Специальная кубическая модель	1,21148	6	0,201913	133,9	0,001
Total error	0,00452394	3	0,00150798		
Total (corr.)	1,216	9			

В таблице 3 показан дисперсионный анализ для текущей выбранной специальной кубической модели. Поскольку Р-значение для этой модели меньше 0,05, существует статистически значимая связь между удельным объемом и компонентами на уровне достоверности 95,0%.

Тест на несоответствие предназначен для определения того, адекватна ли выбранная модель для описания наблюдаемых данных или следует использовать более сложную модель. Тест выполняется путем сравнения изменчивости невязок текущей модели с изменчивостью между наблюдениями при повторных настройках компонентов. К сожалению, в этом случае провести тест невозможно, так как нет повторных наблюдений.

Статистика R-квадрата показывает, что подобранная модель объясняет 99,628% изменчивости удельного объема в зависимости от компо-

нентов заварного полуфабриката. Скорректированная статистика R-квадрата, которая больше подходит для сравнения моделей с разным количеством независимых переменных, составляет 98,8839%. Стандартная ошибка оценки показывает, что стандартное отклонение остатков составляет 0,0388327. Средняя абсолютная ошибка (MAE) 0,0176194 является средним значением остатков. Статистика Дарбина-Ватсона (DW) проверяет остатки, чтобы определить, существует ли какая-либо существенная корреляция на основе порядка, в котором они встречаются в данных. Поскольку Р-значение больше 5,0%, нет никаких указаний на серийную автокорреляцию в остатках на уровне значимости 5,0%. Результаты подбора специальной кубической модели для удельного объема и коэффициенты регрессии приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты подбора специальной кубической модели для удельного объема

Компоненты	Коэффициенты	Ошибка
А:Нутовая мука	9,68571	0,0369373
В:Кукурузная мука	10,4	0,0369373
С:Меланж	10,8143	0,0369373

Таким образом, зависимость удельного объема от компонентов заварного полуфабриката может быть представлена в виде массовой доли ингредиентов по отдельности, и уравнение регрессии можно записать в следующем виде:

$$y = 9,68571x_1 + 10,4x_2 + 10,8143x_3 + 1,38214x_1x_2 + 0,674999x_1x_3 + 0,867856x_2x_3 + 4,72439x_1x_2x_3$$

**Результаты их обсуждения.** На основании полученной уравнения регрессии построили модель в трехмерном пространстве, представляющую собой плоскость, которая характеризует зависимость удельного объема заварного полуфабриката от компонентов. На рисунках 1-4 приведены графические изображения графиков зависимостей.

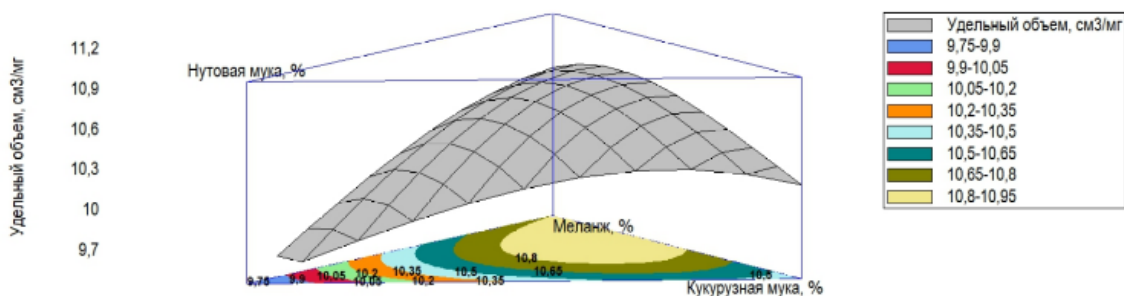


Рис. 1 - Поверхность отклика выходного параметра – зависимость удельного объема от массовой доли компонентов

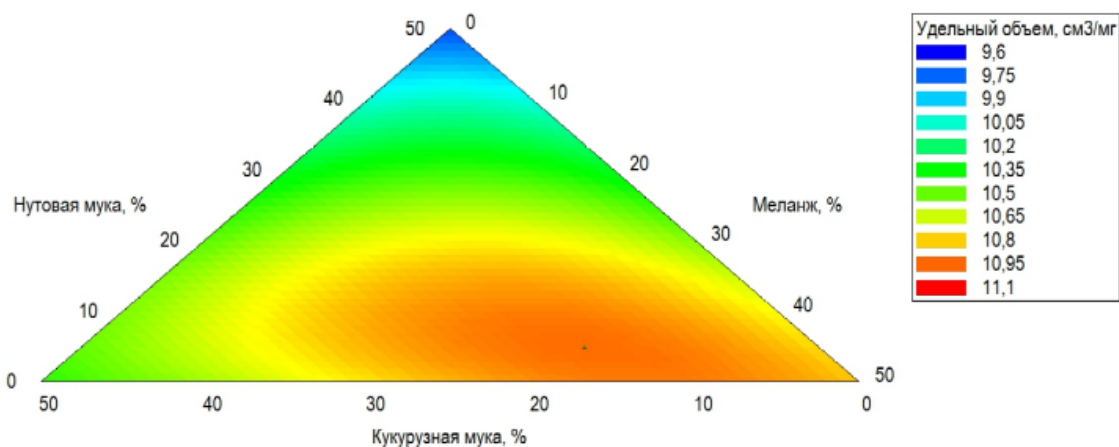
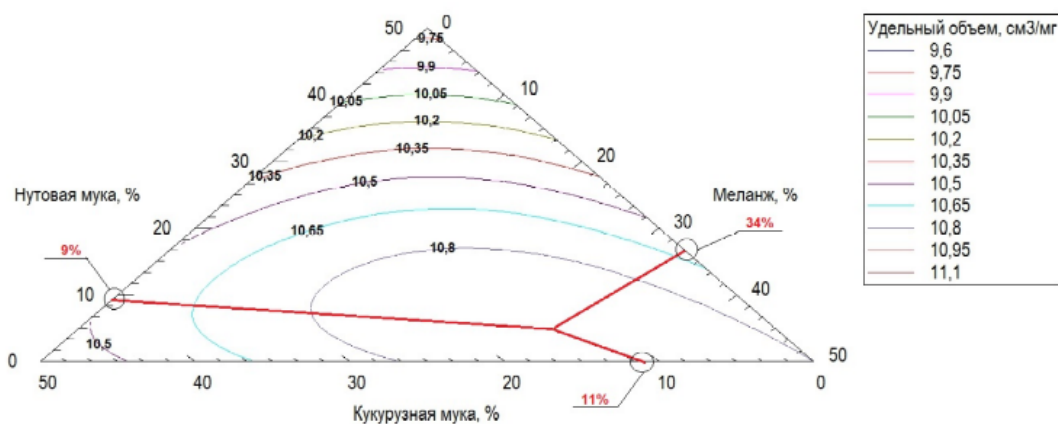
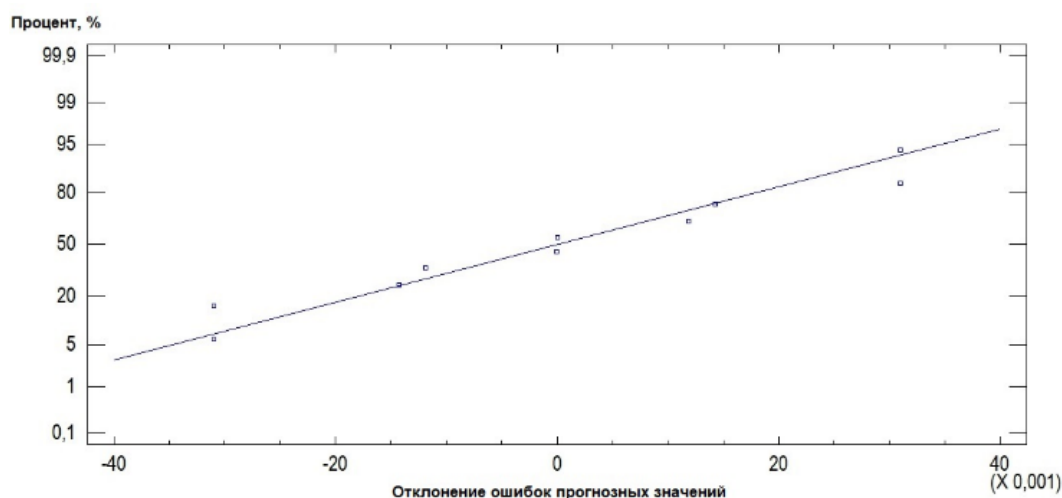


Рис. 2 - Проекция сечений поверхности отклика, характеризующие зависимость удельного объема от массовой доли компонентов



**Рис. 3 - Проекция сечений поверхности отклика, характеризующие зависимость удельного объема от массовой доли компонентов с оптимальными точками**



**Рис. 4 - График диагностики отклонения ошибок прогноза значений удельного объема от нормального распределения**

Анализ поведения полученной поверхности откликов показал, что оптимальной зоной удельного объема заварного полуфабриката, достигаются, когда массовое доля нутовой муки составит 9%, массовое доля кукурузной муки 11% и массовое доля меланжа 34%. Анализ распределения ошибок прогноза значений удельного объема дал удовлетворительные результаты: значительная часть точек заметно не отклонилась от прямой, что дает адекватность полученной модели.

**Выводы.** Полученные результаты позволили подобрать рецептуру заварного полуфабриката путем применения разработанной математической модели.

При пересчете на 1000 г продукта в натуральном значении рецептура заварного полуфабриката выглядит таким образом:

- нутовая мука – 90 г;
- кукурузная мука – 110 г;
- меланж – 340 г.

Таким образом, исследования показывают, что правильное сочетание нутовой и кукурузной муки в комбинации с меланжем может существенно изменить свойства заварного полуфабриката. Оптимизация рецептуры является процессом, требующим учета множества факторов, но результаты явно свидетельствуют о возможности

создания качественного безглютенового продукта, соответствующего современным требованиям

### Литература

1. Пикулина Н.С., Резниченко И.Ю. Обзор рынка безглютеновых мучных кондитерских изделий// Пищевые инновации в биотехнологии // Сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 2. Под общей редакцией А.Ю. Просекова. 2018.- С.355-356.
2. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут). -2019. -№. 133. - С. 157-167. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-157-167
3. Ушакова С.Г., Лунева О.Н. Обоснование использования кукурузной муки в технологии заварного полуфабриката //Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях // сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск. - 2021. - С. 462 - 464.
4. Корячкина, С. Я., Матвеева Т.В. Новые виды мучных и кондитерских изделий. Научные основы, технологии, рецептуры. -Орел: Труд, 2006. -С. 178-179. ISBN: 5-89436-066-8
5. Качество и безопасность пищевой продукции по системе ХАССП (Яичный меланж). -2021. -№ 9. URL: <https://cyberleninka.ru>
6. Корроль А.Е., Дроздова Л.И. Меланж как продукт пищевой промышленности // Молодежь и наука. -2017. -С. 27. ISSN: 2308-0426
7. Ломакина П.А., Фролов Д.И. Обзор современных тенденций в моделировании процессов происходящих при обработке пищевых продуктов // Инновационная техника и технология. -2023. -Т. 10. -№ 1. -С. 73-80.
8. Ахмадиев Ф.Г., Р.М. Гильфанов Математическое моделирование и оптимизация «состав свойство» многокомпонентных смесей // Известия КГАСУ. -2012. -№ 2(20). -С. 289-297.
9. Ho, Q. T., Carmeliet, J., Datta, A. K., Defraeye, T., Delele, M. A., Herremans, E., Opara, L., Ramon, H., Tijskens, E., van der Sman, R. G. M., Van Liedekerke, P., Verboven, P., & Nicolai, B. M. Multiscale modeling in food engineering. // Journal of Food Engineering - 2013. -114(3), P. 279-291. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.08.019
10. Протасевич Г.Ф., Мельниченко В.В., Смёткин В.А., Михлюк А.И. Основы научных исследований. Математическое моделирование технологических процессов// Учебно-методическое пособие// БНТУ.- Минск, 2009. -Ч.1. -С. 73-79. URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/5233><https://rep.bntu.by>

### References

- 1.Pikulina N.S., Reznichenko I.Ju. Obzor rynka bezgljutenovyh muchnyh konditerskih izdelij// Pishhevye innovacii v biotehnologii // Sbornik tezisov VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. Tom 2. Pod obshhej redakciej A.Ju. Prosekova. 2018. - S.355- 356. [in Russian]
- 2.Zernobobovye kul' tury v strukture funkcional' nogo pitaniya (fasol' zernovaja i ovoshhnaja, goroh ovoshhnoj, nut). -2019. -№. 133. -S. 157-167. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-157-167 [in Russian]
- 3.Ushakova S.G., Luneva O.N. Obosnovanie ispol' zovaniya kukuruznoj muki v tehnologii zavarnogo polufabrikata //Novye konceptual' nye podhody k resheniju global' noj problemy obespechenija prodovol' stvennoj bezopasnosti v sovremennyh usloviyah // sbornik nauchnyh statej 9-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. Kursk. - 2021.- S. 462- 464. [in Russian]



4. Korjachkina, S. Ja., Matveeva T.V. Novye vidy muchnyh i konditerskih izdelij. Nauchnye osnovy, tehnologii, receptury. - Orel: Trud, 2006. - S. 178-179. ISBN: 5-89436-066-8 [in Russian]
5. Kachestvo i bezopasnost' pishhevoj produkcii po sisteme HASSP (Jaichnyj melanzh). - 2021. - № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-i-bezopasnost-pischevoy-produktsii-po-sisteme-hassp-yaichnyy-melanzh> [in Russian]
6. Korrol' A.E., Drozdova L.I. Melanzh kak produkt pishhevoj promyshlennosti // Molodezh' i nauka. - 2017. - S. 27. ISSN: 2308-0426 [in Russian]
7. Lomakina P.A., Frolov D.I. Obzor sovremennyh tendencij v modelirovanii processov proishodjashhih pri obrabotke pishhevyyh produktov // Innovacionnaja tehnika i tehnologija. - 2023. - T. 10. - № 1. - S. 73 - 80. [in Russian]
8. Ahmadiyev F.G., R.M. Gil' fanov Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya «sostav svojstvo» mnogokomponentnyh smesej // Izvestija KGASU. - 2012. - № 2(20). - S. 289-297. [in Russian]
9. Ho, Q. T., Carmeliet, J., Datta, A. K., Defraeye, T., Delele, M. A., Herremans, E., Opara, L., Ramon, H., Tijssens, E., van der Sman, R. G. M., Van Liedekerke, P., Verboven, P., & Nicolai, B. M. Multiscale modeling in food engineering. // Journal of Food Engineering - 2013. - 114(3), P. 279-291. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2012.08.019 [in Russian]
10. Protasevich G.F., Mel' nichenko V.V., Smjotkin V.A., Mihljuk A.I. Osnovy nauchnyh issledovanii. Matematicheskoe modelirovanie tehnologicheskikh processov // Uchebno-metodicheskoe posobie // BNTU. - Minsk, 2009. - Ch. 1. - S. 73-79. URL: <https://rep.bntu.by> [in Russian]

#### *Сведения об авторах*

Абилова М.Б. - магистр технических наук, преподаватель НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина», Астана, Казахстан, e-mail: 0909\_dm@mail.ru;

Омаралиева А.М. - к.т.н., ассоциированный профессор Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Козубаева Л.А. - кандидат технических наук, доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Позунова, Барнаул, Россия, e-mail: algtu@list.ru;

Байшугулова Ш.К. - PhD, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина», Астана, Казахстан, e-mail: shyryn67@mail.ru;


#### *Information about authors*

Abilova M.B. - Master of Technical Sciences, lecturer, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: 0909\_dm@mail.ru;

Omaraliev A.M. - candidate of technical sciences, acting associate professor «Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov» JSC, Astana, Kazakhstan, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Kozubaeva L.A. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Altai State Technical University named after I.I. Pozunov, Barnaul, Russia, e-mail: algtu@list.ru;

Baishugulova Sh.K. - PhD, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: shyryn67@mail.ru;

**OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF VEGETABLE MILK WITH THE ADDITION OF LEGUMES ON THE EXAMPLE OF MUNG BEAN****<sup>1</sup>N. Alzhaxina , <sup>1</sup>I. Aubakirova**<sup>1</sup>Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Astana, Kazakhstan Corresponding-author: alzhaxina@inbox.ru

One of the key positions of food security is "improving the health of the population" as the most complete satisfaction of human needs for basic nutrients - proteins, fats, carbohydrates, vitamins, minerals. A balanced diet has a huge impact on all aspects of the human body's vital activity. Continuously occurring life processes are impossible without the introduction of nutrients from the outside. Nowadays, human nutrition is of particular importance precisely during illness. This study is aimed at developing a functional drink based on vegetable "milk" using different ratios of mung bean, water and stabilizer. The results obtained made it possible to select the formulation of vegetable milk from mung bean by applying the developed mathematical model. One of the most important indicators of milk quality is acidity, which characterizes the freshness of milk, its suitability for further processing and pasteurization. The article describes the results of fitting various models to the acidity data of vegetable milk. An increase in acidity leads to the fact that proteins become less resistant to heat. A model in three-dimensional space is also presented, characterizing the dependence of acidity on the components of vegetable milk.

**Keywords:** formulation, optimization, vegetable milk, legume culture, mung bean, acidity, functional purpose.

**МАШ ДАҚЫЛЫ МЫСАЛЫНДА БҰРШАҚ ДАҚЫЛДАРЫН ҚОСУ АРҚЫЛЫ ӨСІМДІК СҮТІНІҢ РЕЦЕПТУРАСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ****<sup>1</sup>Н.Е. Альжаксина , <sup>1</sup>И.Е. Аубакирова**<sup>1</sup>Астана филиалы ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан, e-mail: alzhaxina@inbox.ru

Азық - түлік қауіпсіздігінің негізгі ұстанымдарының бірі адамның негізгі тағамдық заттарға-ақуыздарға, майларға, көмірсуларға, дәрумендерге, минералдарға деген қажеттілігін барынша толық қанағаттандыру «халықты сауықтыру» болып табылады. Тендестірілген тамақтану адам ағзасының барлық аспектілеріне үлкен әсер етеді. Үздіксіз жүретін өмірлік процестер қоректік заттарды сырттан енгізбестен мүмкін емес. Қазіргі уақытта адамның тамақтануы ауру кезінде ерекше маңызға ие. Бұл зерттеу әртүрлі арақатынаста маш, су және тұрақтандырғышты қолдана отырып, өсімдік негізіндегі «сүт» негізінде функционалды сусын жасауға бағытталған. Алынған нәтижелер әзірленген математикалық модельді қолдану арқылы маштан өсімдік сүтінің рецептурасын таңдауға мүмкіндік берді. Сүт сапасының маңызды көрсеткіштерінің бірі-сүттің балғындығын, оны әрі қарай өңдеуге және пастерлеуге жарамдылығын сипаттайтын қышқылдық. Мақалада өсімдік сүтінің қышқылдық деректеріне әртүрлі модельдерді сәйкестендіру нәтижелері сипатталған. Қышқылдықтың артуы ақуыздардың ыстыққа төзімділігінің төмендеуіне әкеледі. Сондай-ақ, қышқылдықтың өсімдік сүтінің компоненттеріне тәуелділігін сипаттайтын үш өлшемді кеңістіктегі модель ұсынылған.

**Түйін сөздер:** рецептура, оңтайландыру, өсімдік сүті, бұршақ дақылдары, маш, қышқылдық, функционалдық мақсаты.

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО МОЛОКА С ДОБАВЛЕНИЕМ БОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ МАША****<sup>1</sup>Н.Е. Альжаксина, <sup>1</sup>И.Е. Аубакирова**

<sup>1</sup>Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан,  
e-mail: alzhaxina@inbox.ru

Одним из ключевых позиций продовольственной безопасности относится «оздоровление населения» как наиболее полное удовлетворение потребности человека в основных пищевых веществах - белках, жирах, углеводах, витаминах, минеральных веществах. Сбалансированное питание оказывает огромное влияние на все стороны жизнедеятельности организма человека. Непрерывно происходящие жизненные процессы невозможны без введения извне питательных веществ. В наше время особое значение приобретает питание человека именно во время болезни. Данное исследование направлено на разработку напитка функционального назначения на основе растительного «молока» с использованием в разных соотношениях маша, воды и стабилизатора. Полученные результаты позволили подобрать рецептуру растительного молока из маша путем применения разработанной математической модели. Один из важнейших показателей качества молока - кислотность, характеризующая свежесть молока, его пригодность к дальнейшей переработке и пастеризации. В статье описаны результаты подгонки различных моделей к данным кислотности растительного молока. Повышение кислотности приводит к тому, что белки становятся менее устойчивыми к нагреванию. Также представлена модель в трехмерном пространстве, характеризующая зависимость кислотности от компонентов растительного молока.

**Ключевые слова:** рецептура, оптимизация, растительное молоко, бобовая культура, маш, кислотность, функциональное назначение.

**Introduction.** The main task of the food industry is to develop recipes that incorporate plant raw materials to achieve balance and expand the range of products. From the perspective of enhancing the biological value of the product, the recipe composition is determined by enriching it with polyunsaturated fatty acids and their derivatives from plant raw materials. One of the promising types of plant raw materials is leguminous crops, specifically mung beans. Mung beans contain approximately 24% protein. Sprouted mung beans are particularly popular among vegetarians and health enthusiasts. Mung bean sprouts, which can be eaten raw and added to salads, are a low-calorie food rich in fiber and vitamins [1-3].

When recalculated to 100 g of the product in its natural values, the recipe for plant-based milk is as follows:

- Mung bean powder - 19.7 g;
- Water - 77.1 ml;
- Stabilizer - 3.2 g.

The goal of the research is to optimize the recipe for plant-based milk based on leguminous crops (mung beans).

**Materials and methods.** The objects of the study were plant-based milk made from mung beans, mung bean powder, water, and stabilizer. Experimental research was conducted at the base of the Astana branch KazNII of Processing and Food Industry LTD in 2024. The optimization of the recipe was carried out using the Statgraphics Centurion 19 software package. Experiments were conducted according to a simplex-lattice design (Scheffe's plan) of the third order (Simplex-Lattice). During the experiment, a recipe for plant-based milk from mung beans was developed, where the main components were mung bean powder, water, and stabilizer.

The variable factors in composing the recipe were the mass fractions of mung bean powder (x1), water (x2), and stabilizer (x3) in the recipe composition. These factors were varied according to Scheffe's third-order plan [4-6]. Other conditions of the experiments remained unchanged. The results of the experiments characterized the change in one of the parameters - the acidity of the plant-based milk.

The determination of acidity was conducted in accordance with GOST 3624-92 [7-9].

**Discussion of the results.** The components of

the plant-based milk that form the planning matrix table 1. and the results of the experiments are presented in

**Table 1 - Sheffe' s Plan and Experimental Results**

Experiment numbers	Mass fraction of components						Acidity, °T
	Encoded values			Natural values			
	<i>x1</i>	<i>x2</i>	<i>x3</i>	М, г	В, мл	С, г	
1	1	0	0	100	0	0	25
2	2/3	1/3	0	66,6	33,3	0	21,6
3	2/3	0	1/3	66,6	0	33,3	21
4	1/3	2/3	0	33,3	66,6667	0	18
5	1/3	1/3	1/3	33,3	33,3	33,3	19,9
6	1/3	0	2/3	33,3	0	66,6	19,5
7	0	1	0	0	100	0	17,5
8	0	2/3	1/3	0	66,6	33,3	19,5
9	0	1/3	2/3	0	33,3	66,6	21,5
10	0	0	1	0	0	100	25

The average model consists only of a constant. The linear model includes first-order terms for each component. The quadratic model adds cross-products between pairs of components. The special cubic model includes terms that involve products of

three components. The cubic model adds additional third-order terms [10].

The estimated effects of the full model for acidity are presented in table 2.

**Table 2 - Estimated Effects of the Full Model for Specific Volume**

Values	Sum of squares	Difference	The middle square	F-ratio	P value
Average	4347,23	1	4347,23	-	-
Linear	32,4013	2	16,2007	4,21	0,0631
Quadratic	24,8284	3	8,27615	15,65	0,0112
Special cubic	0,524991	1	0,524991	0,99	0,393
Cubic	1,59023	3	0,530078	-	-
Mistake	-7,02188*10-13	0	0	-	-
Total	4406,57	10	-	-	-

As seen in table 2, each model is presented with a P-value that tests whether the model is statistically significant compared to the mean square for the term provided below. Typically, the most complex model with a P-value of less than 0.05 is chosen, assuming that the work is conducted at a significance level of 95.0%. Unfortunately, there are no degrees of freedom for error, so the statistical significance of the cubic model cannot be tested. Adding additional runs to the design would help

alleviate this issue.

The currently selected model is the quadratic model, and the analysis of variance is presented in table 3.

Table 3 presents the analysis of variance for the currently selected quadratic model. Since the P-value for this model is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between acidity and the components at a 95.0% confidence level.

**Table 3 - Analysis of Variance (ANOVA) for the Acidity of Plant-Based Milk from Mung Beans**

Values	Sum of squares	Difference	The middle square	F-ratio	The value of P
The quadratic model	57,2297	5	11,4459	21,64	0,0054
The final error	2,11526	4	0,528814	-	-
Total (corr)	59,345	9	-	-	-

The lack-of-fit test is designed to determine whether the chosen model adequately describes the observed data or if a more complex model should be used. This test is performed by comparing the variability of the residuals of the current model with the variability between observations at repeated settings of the components. Unfortunately, in this case, the test cannot be conducted as there are no repeated observations.

The coefficient of determination indicates that the fitted model explains 96.4357% of the variability in acidity based on the components of the plant-based milk. The adjusted coefficient of determination, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 91.9802%. The standard error of the estimate shows that the standard deviation of the

residuals is 0.727196. The mean absolute error (MAE) of 0.410477 represents the average of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic checks the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they appear in the data. Since the P-value is greater than 5.0%, there is no indication of serial autocorrelation in the residuals at a 5.0% significance level.

The results of fitting the quadratic model for acidity and the regression coefficients are presented in table 4.

Thus, the dependence of acidity on the components of plant-based milk from mung beans can be represented in terms of the mass fraction of the ingredients individually, and the regression equation can be written in the following form (formula 1):

$$y = 25,2714x_1 + 17,3143x_2 + 24,6143x_3 - 6,04284x_1x_2 - 20,4428x_1x_3 - 1,41427x_2x_3 \quad (1)$$

Based on the obtained regression equation, a model was constructed in three-dimensional space, representing a plane that characterizes the dependence of acidity on the components of plant-based milk.

Figures 1-4 present graphical representations of the dependency plots. The analysis of the behavior of the obtained response surface showed that the

optimal zone for the acidity of plant-based milk is achieved when the mass fraction of mung bean powder is 19.7%, the mass fraction of water is 77.1%, and the mass fraction of stabilizer is 3.2%. The analysis of the distribution of errors in predicting acidity values yielded satisfactory results: a significant portion of the points did not deviate noticeably from the line, indicating the adequacy of the obtained model.

**Table 4 - Results of Fitting the Quadratic Model for Acidity**

Components	Coefficients	Mistake
A: Mung bean powder	25,2714	0,684381
B: Water	17,3143	0,684381
C: Stabilizer	24,6143	0,684381



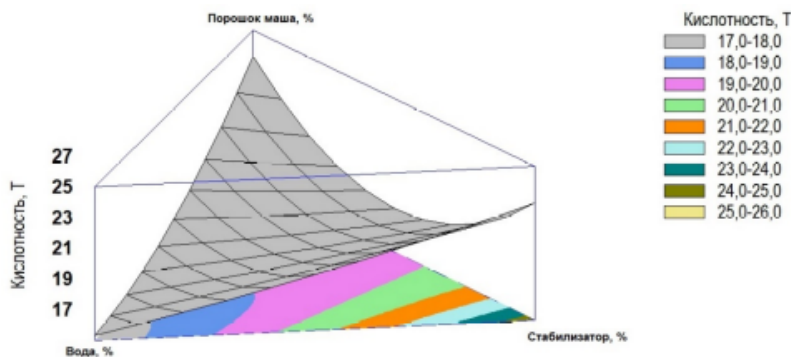


Figure 1 - Response Surface of the Output Parameter: Dependence of Acidity on the Mass Fraction of Components

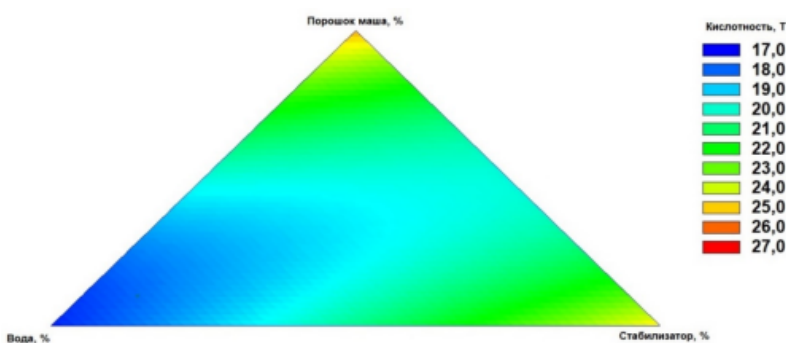


Figure 2 - Projections of the Response Surface Sections Characterizing the Dependence of Acidity on the Mass Fraction of Components

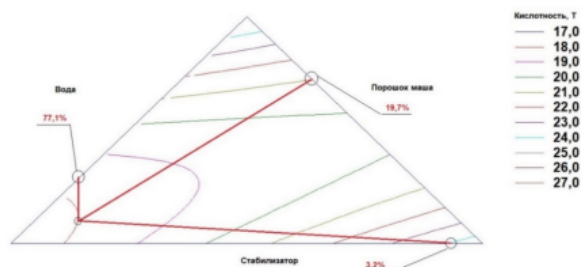


Figure 3 - Projections of the Response Surface Sections Characterizing the Dependence of Acidity on the Mass Fraction of Components with Optimal Points

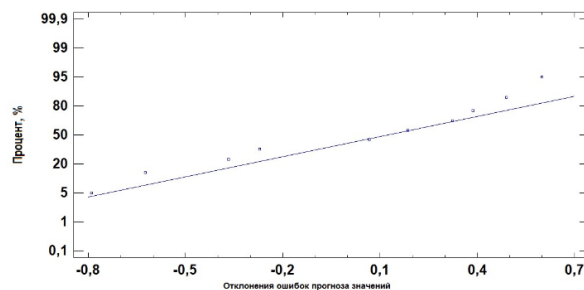


Figure 4 - Diagnostic Plot of the Deviation of Predicted Acidity Values from Normal Distribution

**Conclusion.** Mung beans are a widely recognized plant-based source of protein and a means of maintaining health due to their high nutrient content. Currently, people’s demands for quality of life are continuously improving, while simultaneously, the prevalence of unhealthy populations is

steadily rising. The “generation of people who eat medicines” is gradually being perceived by consumers as a whole.

**Funding:** This research was funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR22886613).

## References

1. Merenkova S.P., Androsova N.V. Aktual' nye aspekty proizvodstva napitkov na rastitel' nom syr' e // Vestnik YUUrGU. Seriya «Pishchevye i biotekhnologii». - 2018. - T.6. - № 3. - S. 57-67. DOI: 10.14529/food180307. [In Russian]
2. Egorova S.V., Ahmatziaeva M.M., Rostegaev R.S. Rastitel' naya pishcha budushchego // V sbornike: Advanced science: sbornik statej III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 2 ch. - 2018. - S.134-137. [In Russian]
3. Kazakov I.O., Kiseleva T.F., Eremina I.A., Mikova D.S. Issledovaniya vliyaniya ul' trazvukovoj obrabotki na stojkost' napitkov na osnove zernovogo syr' ya // Food Processing: Techniques and Technology. - № 1. - 2015. - S. 30-34. [In Russian]
4. Mayuri Chavan, Yogesh Gat, Mugdha Harmalkar, Roji Waghmare. Development of nondairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume // LWT -Food Science and Technology. - 2018. - Vol. 91. - P. 339-344. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.070
5. Mridula D. Monika Sharma. Development of non-dairy probiotic drink utilizing sprouted cereals, legume and soymilk // LWT – Food Science and Technology. - 2015. - vol. 62. - P. 482-487. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.07.011
6. Pasquale Russo, Maria Lucia, Valeria de Chiara et al. Lactobacillus plantarum strains for multifunctional oat-based foods // LWT – Food Science and Technology. - 2015. - vol. 68. - P. 288 -294. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.040
7. Mradula Gupta, Somesh Sharma. Probiotics in limelight // Journal of Innovative Biology. - 2016. - vol. 3. - P. 276-280.
8. Loh W. The epidemiology of food allergy in the global context Int. // J. Environ. Res. Public Health. – 2018. – 15. – 2043. DOI:10.3390/ijerph15092043
9. Muhammad Iqbal, Nadiyah Zafar, Hatem Fessi, Abdelhamid Elaissari Double emulsion solvent evaporation techniques used for drug encapsulation // International Journal of Pharmaceutics. – 2015. - Volume 496. - P. 173-190. DOI:10.1016/j.ijpharm.2015.10.057
10. Rajan A. Production of soya milk containing low flatulence-causing oligosaccharides in a packed bed reactor using immobilised  $\alpha$ -galactosidase: Immobilised  $\alpha$ -galactosidase // International Journal of Food Science & Technology. - 2010. - V. 45. - № 10. - P. 2023-2031. DOI:10.1111/j.1365- 2621.2010.02354.x.

### *Information about the authors*

N.Alzhaxina - PhD, Director of the Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan, e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

I.Aubakirova - Master' s student, Junior researcher, Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan, e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru.

### *Информация об авторах*

Альжаксина Н.Е. - PhD, и.о. директора Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

Аубакирова И.Е. - магистрант, младший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru.

**POTENTIAL OF CHICKEN PROCESSING BY-PRODUCTS IN COLLAGEN PROTEIN HYDROLYSATE PRODUCTION BASED ON DISTAL LIMBS AND STOMACHS**T. Tultabayeva<sup>✉</sup>, K. Makangali, G. Tokysheva, A. Shoman, D. Aiken

NJSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research University», Astana, Kazakhstan

<sup>✉</sup>Corresponding-author: tultabayeva@inbox.ru

This study investigates the feasibility of producing collagen protein hydrolysates from chicken processing by-products, specifically distal limbs and stomachs, which are often treated as waste in the poultry industry. With the increasing demand for sustainable and functional ingredients, these by-products offer a valuable source of bioactive proteins, including collagen, that can be transformed into protein hydrolysates for use in the food industry. The research evaluates key physical and chemical properties, including water-binding capacity, shear stress, viscosity, and protein digestibility, to determine the suitability of distal limbs and stomachs for hydrolysate production. Using structural analysis, we measured the mechanical resistance and structural stability of these by-products, with findings showing that distal limbs have a high collagen content (11.3%) and excellent water retention, while stomachs exhibit lower fat content (2.1%) and high protein concentration (21.4%), making both suitable for hydrolysis. Viscosity and shear stress tests further support the use of these materials, indicating stability and strong structural integrity under processing conditions. Additionally, protein digestibility studies suggest that collagen hydrolysates from these sources may have enhanced bioavailability. The results suggest that utilizing distal limbs and stomachs for collagen hydrolysate production is a viable approach to create functional, high-protein food ingredients while also addressing sustainability by reducing waste. By transforming these by-products, the poultry industry can contribute to circular economy practices, enhance resource efficiency, and promote eco-friendly food production. This research underscores the potential for incorporating collagen protein hydrolysates from poultry by-products into various food applications, presenting both economic and environmental benefits.

**Keywords:** poultry by-products, sustainable food production, collagen protein hydrolysates, chicken stomachs, physicochemical properties.

**ПОТЕНЦИАЛ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЦЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВЫХ КОЛЛАГЕНОВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ НА ОСНОВЕ ДИСТАЛЬНЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ И ЖЕЛУДКОВ**Т.Т. Тултабаева<sup>✉</sup>, К.К. Макангали, Г.М. Токышева, А.Е. Шоман, Д.К. Айкен

НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина»,

Астана, Казахстан,

e-mail: tultabayeva@inbox.ru

В данном исследовании изучается возможность производства коллагеновых белковых гидролизатов из побочных продуктов переработки курицы, в частности из дистальных конечностей и желудков, которые часто рассматриваются как отходы в птицеводческой отрасли. С ростом спроса на устойчивые и функциональные ингредиенты эти побочные продукты представляют собой ценный источник биоактивных белков, включая коллаген, которые могут быть превращены в белковые гидролизаты для использования в пищевой промышленности. В работе оцениваются ключевые физико-химические свойства, такие как влагосвязывающая способность, напряжение сдвига, вязкость и усвояемость белков, чтобы определить пригодность дистальных конечностей и желудков для производства гидролизатов.

С использованием структурного анализа были проведены измерения механической прочности и структурной стабильности побочных продуктов. Результаты показали, что дистальные конечности обладают высоким содержанием коллагена (11,3%) и отличной способностью удерживать влагу, в то

время как желудки имеют низкое содержание жира (2,1%) и высокую концентрацию белка (21,4%), что делает оба материала подходящими для гидролиза. Испытания на вязкость и напряжение сдвига дополнительно подтвердили стабильность и высокую структурную целостность этих материалов в условиях обработки. Более того, исследования усвояемости белка показали, что коллагеновые гидролизаты из этих источников могут обладать улучшенной биодоступностью. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование дистальных конечностей и желудков для производства коллагеновых гидролизатов является перспективным подходом для создания функциональных, высокобелковых пищевых ингредиентов, а также способствует устойчивому развитию за счет сокращения отходов. Преобразуя эти побочные продукты, птицеводческая отрасль может внести вклад в практики циркулярной экономики, повысить эффективность использования ресурсов и поддерживать экологически чистое производство. Данное исследование подчеркивает потенциал включения коллагеновых белковых гидролизатов из побочных продуктов птицеводства в различные пищевые продукты, предлагая как экономические, так и экологические преимущества.

**Ключевые слова:** побочные продукты птицеводства, устойчивое производство продуктов питания, коллагеновые белковые гидролизаты, куриные желудки, физико-химические свойства.

### ҚҰС ӨНДЕУ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ДИСТАЛЬДЫ АЯҚТАР МЕН АСҚАЗАНДАР НЕГІЗІНДЕ КОЛЛАГЕНДІ АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗАТЫН ӨНДІРУДЕГІ ӘЛЕУЕТІ

Т.Ч. Тултабаева<sup>✉</sup>, Қ.Қ. Мақанғали, Г.М. Токышева, А.Е. Шоман, Д.К. Айкен

«С.Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ.,  
Қазақстан Республикасы,  
e-mail: tultabayeva@inbox.ru

Бұл зерттеу тауық өңдеу қалдықтарынан, атап айтқанда дистальды аяқтар мен асқазандардан, коллагенді ақуыз гидролизаттарын өндіру мүмкіндігін зерттейді, себебі олар құс шаруашылығында жиі қалдық ретінде қарастырылады. Тұрақты және функционалды ингредиенттерге деген сұраныстың артуына байланысты, бұл қалдықтар биологиялық белсенді ақуыздардың, соның ішінде коллагеннің, құнды көзі болып табылады және оларды тағам өнеркәсібінде қолдануға арналған ақуыз гидролизаттарына айналдыруға болады. Зерттеу гидролизат өндірісіне жарамдылығын анықтау үшін су ұстау қабілеті, кесу кернеуі, тұтқырлық және ақуыздың сіңімділігі сияқты негізгі физикалық және химиялық қасиеттерін бағалайды. Құрылымдық талдау арқылы біз бұл қалдықтардың механикалық беріктігі мен құрылымдық тұрақтылығын өлшедік; нәтижелер көрсеткендей, дистальды аяқтарда коллагеннің жоғары мөлшері (11,3%) және суды жақсы ұстай алу қабілеті бар, ал асқазандардың майы аз (2,1%) және ақуыз концентрациясы жоғары (21,4%), бұл екеуін де гидролизге қолайлы етеді. Тұтқырлық пен кесу кернеуіне жасалған сынақтар бұл материалдардың өңдеу жағдайларында тұрақтылығын және құрылымдық тұтастығын растайды. Қосымша ақуыз сіңімділігіне жасалған зерттеулер осы көздерден алынған коллаген гидролизаттарының биожетімділігінің жоғары болатынын көрсетеді. Нәтижелер бойынша дистальды аяқтар мен асқазандарды коллаген гидролизатын өндіруде пайдалану қалдықтарды азайта отырып, функционалды, ақуызға бай тағамдық ингредиенттер жасау үшін тиімді тәсіл болып табылады. Бұл қалдықтарды өңдеу арқылы құс шаруашылығы айналмалы экономикаға үлес қосып, ресурстарды тиімді пайдаланып, экологиялық таза тағам өндірісін қолдай алады. Бұл зерттеу құс шаруашылығындағы қалдықтардан алынған коллаген гидролизаттарын әртүрлі тағам қолданбаларына енгізу әлеуетін көрсетеді және оның экономикалық әрі экологиялық пайдасын атап көрсетеді.

**Түйін сөздер:** құс өңдеу қалдықтары, тұрақты азық-түлік өндірісі, коллагенді ақуыз гидролизаттары, тауық асқазандары, физика-химиялық қасиеттер.

**Introduction.** Poultry farms play an essential role in modern agriculture, providing the population with vital food products, such as meat and eggs. These products are highly valued for their nutritional content, accessibility, and versatile culinary applications [1]. Poultry farms are capable of producing high-quality products with relatively minimal labor and resource inputs compared to other livestock sectors [2]. Poultry production is instrumental in ensuring food security, representing the fastest-growing segment of animal husbandry in many countries [3], with egg and poultry meat production meeting the needs of both rural and urban populations [4]. The production of eggs and poultry meat contributes to economic growth by generating employment opportunities across large enterprises and small to medium-sized farms [5] and supports smallholder operations that supply local communities with food [6]. In developed countries, poultry farming is leveraged to address national food security objectives by increasing the supply of valuable food resources like meat and eggs [7]. Beyond food provision, poultry farming is a critical tool in combating poverty and improving living standards in rural areas. In developing countries, poultry serves as an essential asset for impoverished households, providing income and food security [8]. Poultry production also promotes sustainable agricultural development by enabling efficient resource use and enhancing food security [9]. With the rising demand for poultry products, such as meat and eggs, many countries, including those still developing, face challenges in securing adequate resources for the sector [10]. Issues include environmental pollution due to waste and the consumption of natural resources for poultry feed [11]. However, in response to these challenges, many nations are working to develop more sustainable farming practices aimed at reducing environmental impacts [12]. Thus, poultry farms have a significant impact on food provision, economic development, and the improvement of living standards through job creation and enhanced food security.

In Kazakhstan, the poultry sector occupies a central position within animal husbandry, playing

a crucial role in providing the population with socially significant food products, including poultry meat and eggs. Currently, the country has 69 poultry farms, comprising 34 for egg production, 29 for meat production, and 6 breeding farms. Additionally, Kazakhstan is expanding the capacity of four poultry farms to produce an additional 200,000 tons of poultry meat per year, which will satisfy domestic poultry meat demand and support export potential, as reported by the Prime Minister's press service [13]. Specifically, the following farms will be funded: Canadian Chicken Limited in Akmola Region with an annual output of 12,500 tons, Alel Agro in Zhambyl Region with 25,000 tons, Prima Kus in Almaty Region with 35,000 tons, and Aitas KZ in Almaty Region with 120,000 tons. The projects will be financed by the Development Bank of Kazakhstan and implemented between 2025 and 2026. This indicates a sustained increase in production and processing costs, underscoring the need for process optimization and efficiency improvements in the poultry sector, along with exploring innovative ways to reduce production costs, including through secondary raw material utilization.

The objective of this study is to examine the secondary raw materials from poultry processing to justify their application in the production of protein hydrolysates.

**Materials and methods.** The subjects of this study encompassed chicken distal limbs and stomachs. Shear stress and viscosity of the meat raw material were meticulously assessed using the Structurometer ST2 (Lab Quality LLC, Russia) to analyze the mechanical properties of sausage products, such as shear resistance and viscosity.

Shear force measurements were conducted with the Structurometer ST2, which recorded force values  $F$  upon application to the sausage sample. Cross-sectional area  $A$  was quantified by measuring the blade-sample contact surface.

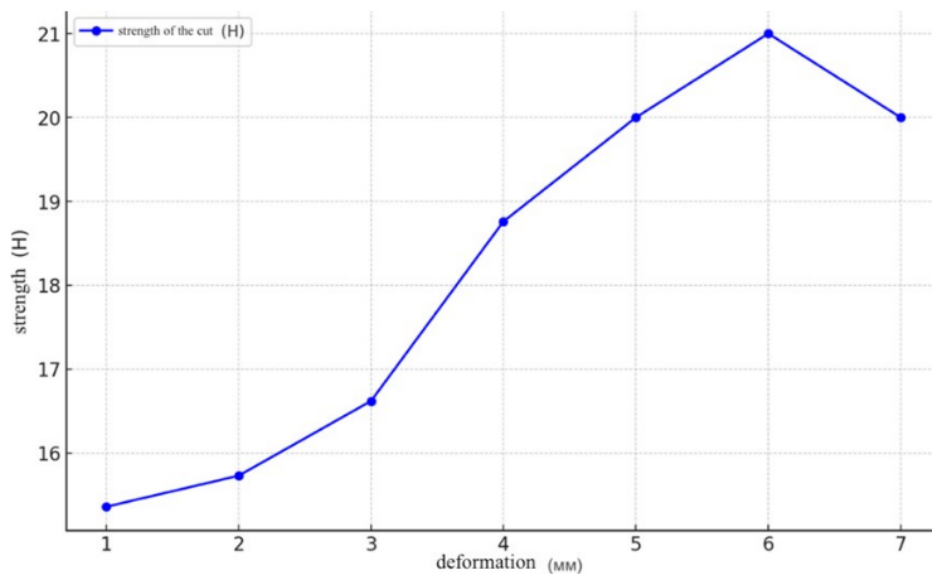
Shear rate  $\gamma$  was derived from sample characteristics and experimental conditions, with structurometer-generated data employed to calculate viscosity, providing insights into the raw material's resistance to deformation under shear



load.

Water activity in the sausage products was evaluated using the Aqualab 4TE device (METER Group, USA), while chemical composition of the meat materials was precisely determined using the TANGO R spectrometer (Bruker, Germany), equipped with a pre-loaded calibration model to ensure accurate compositional analysis.

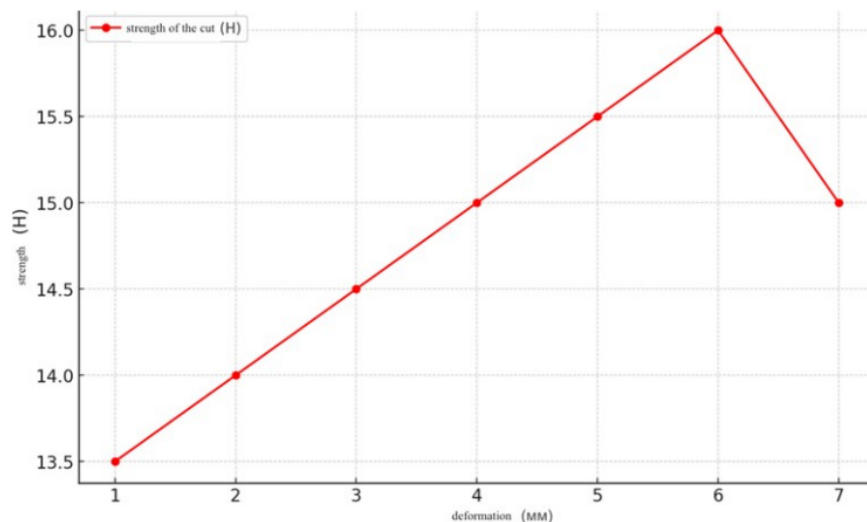
**Results and discussion.** The experiments were conducted using the Structurometer ST2 (manufactured by Labreactive, Russia), with all measurements performed in six replicates. To determine shear stress, the force and deformation of the meat samples were evaluated (Figures 1 and 2).



**Figure 1 - Shear Force of Chicken Distal Limbs**

At the initial stage (1–2 mm), the shear force gradually increases, starting from approximately 16 N. Between 3–5 mm of deformation, a more substantial increase in shear force is observed,

reaching 20 N. The maximum shear force (21 N) is recorded at around 6 mm of deformation. Following this, at 7 mm of deformation, the shear force slightly decreases to just above 20 N.



**Figure 2 - Shear Force of Chicken Stomachs**

At the initial stage (1–2 mm), the shear force of chicken stomachs starts at around 13.5 N and gradually increases. From 3 to 5 mm, a linear increase in shear force is observed, reaching approximately 15.5 N. The maximum shear force is recorded at 6 mm of deformation, measuring around

16 N. Beyond this point, at 7 mm of deformation, the shear force decreases to 15 N.

Based on the obtained data on shear force, deformation, and shear rate, the shear stress and viscosity of the meat raw material were determined (Figure 3).

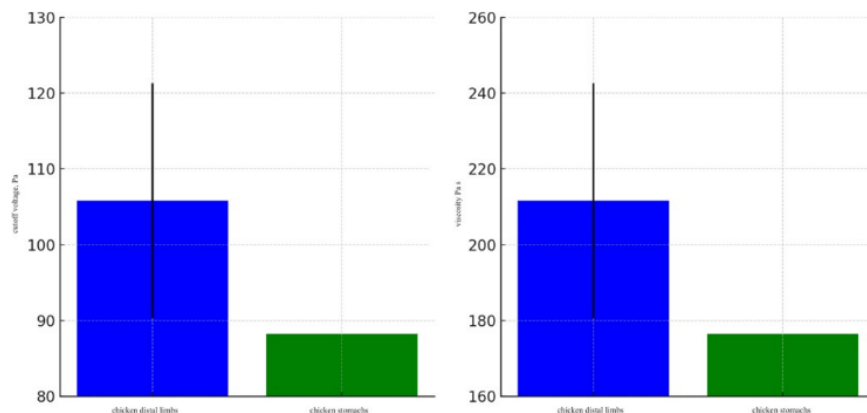


Figure 3 -Shear Stress and Viscosity of Meat Raw Material

The shear stress for chicken distal limbs reaches approximately 110 Pa, indicating high mechanical strength and structural stability of this raw material. The shear stress for chicken stomachs is somewhat lower, around 90 Pa, which also reflects robust structures suitable for further processing. The viscosity of chicken distal limbs is approximately 220 Pa·s, indicating a high capacity for retaining moisture and fats, an essential characteristic for hydrolysate production. The viscosity of chicken

stomachs is lower, around 180 Pa·s, which is also an acceptable value for collagen extraction processes.

The study of water-binding capacity (WBC) of chicken limbs and stomachs further allows for an assessment of their potential as collagen sources. Collagen-rich limbs and stomachs demonstrate a high capacity to retain water, which can significantly enhance the texture and stability of hydrolysates (fig.4).

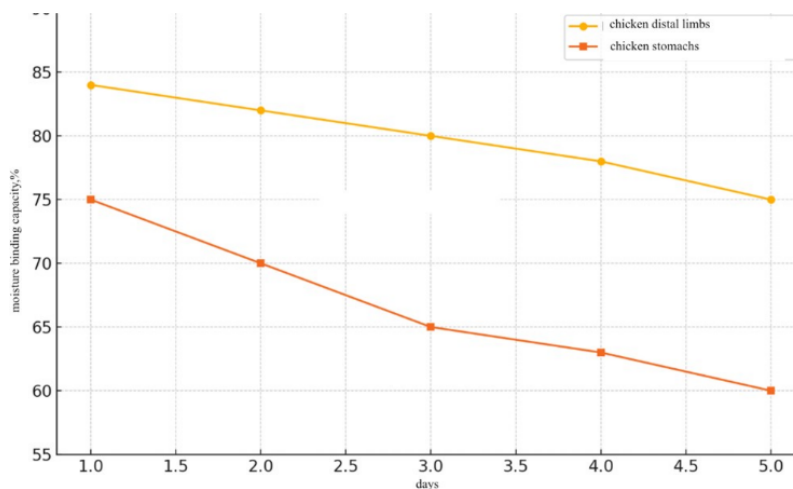


Figure 4 – Changes in Water-Binding Capacity (WBC) of Meat Raw Material Over 5 Days

The water-binding capacity (WBC) of chicken distal limbs (yellow line) starts at around 85% on the first day and gradually decreases to 80% by the fifth day, indicating relatively high moisture retention stability over the study period. The WBC of chicken stomachs (orange line) is initially lower,

about 75% on the first day, and continues to decrease to approximately 65% by the fifth day.

For successful collagen hydrolysate production, the initial physicochemical properties of the raw material, such as moisture content, water activity, and pH, play a crucial role (Table 1).

**Table 1 – Physicochemical Properties of Meat Raw Material**

Indicators	Storage, days	Chicken Distal Limbs
Moisture, %	1 days	65,42 ± 0,06
	3 days	59,1 ± 0,11
	6 days	57,6 ± 0,12
	9 days	57,2 ± 0,12
Active Acidity, pH	1 days	6,17 ± 0,12
	3 days	6,19 ± 0,09
	6 days	6,25 ± 0,05
	9 days	6,24 ± 0,06
Water Activity aw, c.u.	1 days	0,825± 0,003
	3 days	0,827± 0,002
	6 days	0,824± 0,000
	9 days	0,819± 0,002

Chicken distal limbs and stomachs exhibit similar moisture values at each stage of storage. On the first day, the moisture content of chicken limbs is 65.42%, while that of chicken stomachs is 67.34%. By the sixth day, these values decrease to 57.6% and 59.3%, respectively. Despite the overall reduction in moisture, both types of raw materials maintain sufficiently high levels, which is crucial for hydrolysis, as hydrolysates require a certain moisture level for effective protein extraction. The slightly higher moisture content in chicken stomachs potentially makes them more efficient for hydrolysate production, particularly in scenarios

where maximum moisture retention is essential.

A detailed analysis of the chemical composition is crucial to assess the suitability of various raw materials for collagen hydrolysate production. The chemical composition determines key parameters such as protein, collagen, fat, and moisture content, which directly affect the hydrolysis efficiency and the quality of the final product. Let us consider the chemical composition of chicken distal limbs and stomachs to evaluate their potential for further processing and use in protein hydrolysate production (Table 2).

**Table 2 – Chemical Composition of Meat Raw Material**

Indicators	Chicken Distal Limbs, %	Chicken Stomachs, %
Fat	14,6	2,1
Protein	21,1	21,4
Moisture	2,3	2,9
Collagen	11,3	7,5
BEFFE	17,9	14,7

Chicken distal limbs contain 14.6% fat, which is significantly higher than the 2.1% fat content found in chicken stomachs. The high fat content in distal limbs may require additional processing for fat removal prior to hydrolysis; however, the extracted fat can also be utilized in other production processes, such as the development of bioactive components. Stomachs, with their lower fat content, require less intensive preparation, simplifying the hydrolysis process.

**Conclusion.** The results of the study confirm the high suitability of chicken distal limbs and stomachs for processing into collagen protein hydrolysates. The chemical composition of

these raw materials highlights key components that make them promising for applications across various industries. Specifically, chicken distal limbs contain 11.3% collagen, significantly higher than the 7.5% in chicken stomachs, indicating

their substantial value for collagen-containing products. Additionally, distal limbs exhibit a higher BEFFE (17.9% versus 14.7% in stomachs), suggesting better protein extractability, which is beneficial for hydrolysis processes. Chicken stomachs, despite having a lower collagen content, offer notable advantages, such as low fat content (2.1% compared to 14.6% in limbs) and high protein concentration (21.4%), making them ideal for processes that require minimal fat. This simplifies the pre-treatment of raw materials before hydrolysis, allowing efficient use in protein product manufacturing. Thus, processing chicken distal limbs and stomachs for collagen hydrolysate production represents an economically viable and environmentally sustainable approach to utilizing poultry slaughter by-products.

***Financing.** This research is funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR24892775)*

### References

1. Luchkin, A., Lukasheva, O., Novikova, N., Zyatkova, A., & Yarotskaya, E. (2021). Feasibility study of the influence of the diet on the quality characteristics of poultry production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 640. DOI 10.1088/1755-1315/640/3/032041.
2. Pica-Ciamarra, U., & Otte, J. (2010). Poultry, food security and poverty in India: looking beyond the farm-gate. World's Poultry Science Journal, 66, 309 - 320. DOI 10.1017/S0043933910000358.
3. Akinola, L., & Essien, A. (2011). Relevance of rural poultry production in developing countries with special reference to Africa. World's Poultry Science Journal, 67, 697 - 705. DOI 10.1017/S0043933911000778.
4. Mead G. C. Poultry meat processing and quality. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2004. – 400 p. ISBN I 85573 727 2
5. Baker, R., & Passmore, D. Role of Poultry & Egg Production in the Economy of the United States. //SSRN Electronic Journal.-2010.- DOI 10.2139/SSRN.1581500.
6. Pankova, S., & Katerinich, O. Efficiency of using the new domestic meat-egg hybrid for the production of food eggs in household farms// Agricultural Science and Practice.-2017.- Vol. 4(2).- P.47-51. DOI 10.15407/agrisp4.02.047.
7. Efremova, A. (2018). Role of Poultry Industry in public food supply// Economic Sciences for Agribusiness and Rural Economy.- 2018.-Vol. 2.- S. 29-36. DOI 10.22630/esare.2018.2.2.
8. Sonaiya, E. (2007). Family poultry, food security and the impact of HPAI. //World's Poultry Science Journal.- 2207.- Vol.63(1).-P. 132 - 138. DOI 10.1017/S0043933907001353.
9. Gunnarsson, S., Segerkvist, K., Göransson, L., Hansson, H., & Sonesson, U. (2020). Systematic Mapping of Research on Farm-Level Sustainability in Egg and Chicken Meat Production// Sustainability.-2020-Vol. 12(7), 3033. DOI 10.3390/su12073033.

10. Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: current state and future outlook and challenges// World's Poultry Science Journal/-Vol. 73,-P.245 - 256. DOI 10.1017/S0043933917000071.
11. Karkach, P., Mashkin, Y., & Fesenko, V. (2023). Environmental problems of industrial and organic poultry farming// Tehnologîâ virobniçtva ì pererobki produktiv tvarinnictva.-2023.-Vol.1.- P.145-158. DOI 10.33245/2310-9289-2023-178-1-145-158. [ in Ukrainian]
12. Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2021). Environmental impact of poultry farming and egg production// Environmental Impact of Agro-Food Industry and Food Consumption.-2021.-P.81-100. DOI 10.1016/B978-0-12-821363-6.00010-2.
13. Oficial' nyj informacionnyj resurs Prem' er-ministra Respubliki Kazahstan URL: <https://primeminister.kz> [in Russian]

***Information about the authors***

Tultabayeva T. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: tultabayeva@inbox.ru;

Makangali K. – PhD, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: kmakangali@mail.ru;

Tokysheva G. - PhD, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: tokisheva\_g@mail.ru;

Shoman A. - PhD, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: shoman\_aruzhan@mail.ru;

Aiken D. - Master of Technical Sciences, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: didi\_dom@mail.ru.

***Сведения об авторах***

Тултабаева Т.Ч. – д.т.н., доцент, Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tultabayeva@inbox.ru;

Макангали К.К. - PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: kmakangali@mail.ru;

Тоқышева Г.М. - PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tokisheva\_g@mail.ru;

Шоман А.Е. - PhD, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: shoman\_aruzhan@mail.ru;

Айкен Д.К. – м.т.н., Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: didi\_dom@mail.ru.




## НОҚАТ ҰНЫНЫҢ ЖӘНЕ ОДАН ДАЙЫНДАЛЫҢҒАН ГЛЮТЕНСІЗ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМНІҢ МАЙ ҚЫШҚЫЛДЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

<sup>1,3</sup>М.Т. Агедилова , <sup>1</sup>А.М. Омаралиева, <sup>1,3</sup>Ж.Т. Ботбаева, <sup>2</sup>М.Б. Абилова

<sup>1</sup>«Қ.Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті» АҚ, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>НАО «Казакский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», Астана, Қазақстан,

<sup>3</sup>«ХБО» АҚ «Болашак», Астана, Қазақстан

 Корреспондент-автор: [agedilova-2011@mail.ru](mailto:agedilova-2011@mail.ru)

Бұл зерттеудің мақсаты целиакия ауруы бар адамдар үшін глютенсіз тағамдардың (нан-тоқаш өнімдерінің) май қышқылдарының құрамын алғаш аналитикалық тәсілмен зерттеу. Терапияның негізі глютенді тағамды күндік рационнан толығымен алып тастау болып табылады. Бүгінгі күні дүкендерде целиакия ауруы бар науқастар үшін таңдауға болатын бірқатар глютенсіз өнімдер бар, бірақ әліде жеткіліксіз немесе қымбат. Сондықтан, осындай патологиясы бар адамдар үшін бидай ұнын қарақұмық, күрішпен, сұлы жармасымен, жүгері және ноқат дақылдар ұнымен алмастыру өте маңызды, ғылыми тұрғыда бұл тақырыптың өзектілігін арттырады. Себебі, бұл дәнді- дақылдар құрамы глютенсіз болуы және одан алынатын өнімнің тағамдық, биологиялық құндылықтары жоғары болуы зерттеу жұмысын өзекті етеді. Ноқат ұнының жоғары биологиялық құндылығы тек ақуыз мөлшерімен ғана емес, сонымен қатар оның аминқышқылдық және жоғарғы май қышқылдарының құрамдық мөлшерімен де бағаланады.

Бұл мақала зерттеуінде өңделмеген және өңделген ноқат ұнының, сондай-ақ одан дайындалған өнімнің май қышқылдарының құрамы масс-спектрометриялық газ хроматографиясының (ГХ/МС) көмегімен зерттелгені қарастырылған.

Осы зерттеуде ноқат ұнының глютенсіз кондитерлік өнімдерді өндіруге жарамдылығын жақсарту бойынша біздің көзқарасымыз микротолқынды пеште термиялық микротолқынды сәулеленумен (СВЧ) өңдеу арқылы ұнның тағамдық құндылығын арттыруға негізделген. Зерттеу барысында ноқат ұны мен одан жасалған өнімдердің құрамының сандық және сапалық өзгерістері зерттелді. Зерттеу нәтижесі бойынша, ноқат ұнын термиялық өңдеу кезінде (мысалы, профильтроли пісіру процесінде) жоғары майқышқылдық компоненттердің құрамы өзгеретіні соңғы өнімнің тағамдық құндылығына әсер ететіні қарастырылған. Дегенмен, ноқат ұнын пайдаланып жасалған жоғарғы термиялық өңдеу процесінде оның өнімдерінің май-қышқылдық, ақуыздық және тағамдық заттар құрамы қажетті мөлшерде қалады.

Алайда, ноқат ұны мен одан жасалған өнімдер биологиялық және тағамдық құндылығы жоғары өнім болғандықтан арнайы диета ұстанатын тұтынушылар мен денсаулығын қадағалайтын адамдарға, функционалды тамақтанушыларға арналған тартымды тағам бола алады.

**Түйін сөздер:** Ноқат, ноқат ұны, глютенсіз кондитерлік өнімдер, май қышқылдарының құрамы, поликанықпаған май қышқылдары, өңделмеген ноқат ұны, өңделген ноқат ұны, масс-спектрометриялық газ хроматографиясы

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА НУТОВОЙ МУКИ И БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

<sup>1,3</sup>М.Т. Агедилова , <sup>1</sup>А.М. Омаралиева, <sup>1,3</sup>Ж.Т. Ботбаева, <sup>2</sup>М.Б. Абилова

<sup>1</sup>«К. АО «Казакский университет технологии и бизнеса имени Куладжанова», Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>НАО «Казакский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>АО «ЦМП» «Болашак», Астана, Казахстан,

e-mail: [agedilova-2011@mail.ru](mailto:agedilova-2011@mail.ru)

Целью данного исследования было изучение состава жирных кислот в безглютеновых продуктах (хлебобулочных изделиях), для людей с целиакией с использованием первого аналитического подхода. Основой терапии является полное исключение глютена из ежедневного рациона. Сегодня в магазинах имеется ряд безглютеновых продуктов, из которых пациенты с целиакией могут выбирать, но они по-прежнему недостаточны или дороги. Поэтому для людей с указанными патологиями очень важно то, что пшеничную муку можно заменить гречневой, рисовой, овсяной, кукурузной и нутовой и повышает актуальность темы с научной точки зрения. Потому что, это связано с тем, что состав этих круп не содержит глютена и высокая пищевая, биологическая ценность получаемых из него продуктов делают исследовательскую работу актуальной. Высокая биологическая ценность нутовой муки оценивается не только содержанием в ней белка, но и составом аминокислот и жирных кислот.

В данной статье рассмотрено, что состав жирных кислот необработанной и переработанной нутовой муки, а также продуктов, приготовленных из нее, изучен методом масс-спектрометрической газовой хроматографии (ГХ/МС). В данном исследовании наш подход к повышению пригодности нутовой муки для производства безглютеновых кондитерских изделий основан на повышении пищевой ценности муки путем обработки микроволновым тепловым излучением (ЖЖӨ/СВЧ). В ходе исследований изучены количественные и качественные изменения в составе нутовой муки и изделий из нее. По результатам исследований считается, что при термической обработке нутовой муки (например, в процессе приготовления профилтроли) изменяется состав высокожирных кислотных компонентов, что влияет на пищевую ценность конечного продукта. Однако в процессе с использованием термической обработки жирные кислоты, белки и питательные вещества нутовой муки и ее продуктов сохраняются в необходимом количестве.

Однако нутовая мука и продукты из нее являются продуктом высокой биологической и пищевой ценности, что делает ее привлекательным продуктом питания для специалистов по функциональному питанию, для потребителей, соблюдающих специальную диету, и для людей, заботящихся о своем здоровье.

**Ключевые слова:** Нут, нутовая мука, безглютеновые кондитерские изделия, жирнокислотный состав, полиненасыщенные жирные кислоты, необработанная нутовая мука, обработанная нутовая мука, масс-спектрометрической газовой хроматографии.

#### STUDY OF FATTY ACID COMPOSITION OF CHICKEAT FLOUR AND GLUTEN-FREE CONFECTIONERY PRODUCTS

<sup>1,3</sup>M.T. Agedilova , <sup>1</sup>A.M. Omaralieva, <sup>1,3</sup>Zh.T. Botbaeva, <sup>2</sup>M.B. Abilova

<sup>1</sup> «K. JSC "Kazakh University of Technology and Business named after Kulajjanov», Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup> NAO «Kazakh Agrotechnical University named after. S. Seifullin», Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup> JSC «СМР» «Bolashak», Astana, Kazakhstan,  
e-mail: agedilova-2011@mail.ru

The aim of this study was to examine the fatty acid composition of gluten-free foods for people with celiac disease using a first analytical approach. The basis of therapy is the complete exclusion of gluten from the daily diet. Today there are a number of gluten-free products available in stores from which celiac disease patients can choose, but these are still insufficient or expensive. Therefore, for people with these pathologies, it is very important that wheat flour can be replaced with buckwheat, rice, oatmeal, corn and chickpeas and increases the relevance of the topic from a scientific point of view. Because this is due to the fact that the composition of these cereals does not contain gluten and the high nutritional and biological value of the products obtained from it make the research work relevant The high biological value of chickpea flour is assessed not only by its protein content, but also by the composition of amino acids and fatty acids.

This article discusses that the fatty acid composition of raw and processed chickpea flour, as well

as products prepared from it, was studied by gas chromatography mass spectrometry. In this study, our approach to improve the suitability of chickpea flour for gluten-free confectionery production is based on enhancing the nutritional value of the flour through microwave thermal treatment. During the research, quantitative and qualitative changes in the composition of chickpea flour and products made from it were studied. According to research results, it is believed that heat treatment of chickpea flour changes the composition of high-fatty acid components, which affects the nutritional value of the final product. However, in the process using heat treatment, the fatty acids, proteins and nutrients of chickpea flour and its products are retained in required quantities. However, chickpea flour and products made from it are a product of high biological and nutritional value, which makes it an attractive food product for functional nutritionists, for consumers on special diets and for people concerned about their health.

However, chickpea flour and products made from it are a product of high biological and nutritional value, which makes it an attractive food product for functional nutritionists, for consumers on special diets and for people concerned about their health.

**Keywords:** Chickpeas, chickpea flour, gluten-free confectionery, fatty acid composition, polyunsaturated fatty acids, unprocessed chickpea flour, processed chickpea flour, gas chromatography mass spectrometry.

**Кіріспе.** Қазақстан халқының салауатты тамақтануының өзекті мәселелерінің бірі жергілікті отандық шикізатты өңдей отырып, ақуыздармен, алмастырылмайтын аминқышқылдарымен, қанықпаған май қышқылдарымен, минералдармен, витаминдермен және талшықтармен байытылған нан және нан-кондитерлік өнімдерін өндіру маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Бұл тұрғыда мақалада қарастырылып отырған шикізат көзі ноқат маңызды болып табылады. Ноқаттың тағамдық құндылығы оның құрамындағы ақуыздың жоғары болуына байланысты. Ноқаттың құрамында шамамен 20-25% протеин бар, бұл оларды өсімдік негізіндегі ақуыздың тамаша көзі етеді, әсіресе вегетарианшылар мен глютенге төзбейтін адамдар үшін өте қажет. Ноқат құрамы тіпті маңызды аминқышқылы, яғни тамақтануды баланста ұстауға мүмкіндік беретін лизинге де бай. Моноқанықпаған май қышқылдары (МНЖК) құрамдас бөліктер (57%), одан кейін қаныққан май қышқылдары (НЖК) (30%) және полиқанықпаған май қышқылдары (13%) бар [1].

Ноқат өнімдерінің құрамы жүрек-қан тамырлары дұрыс жұмысына жауап беретін пайдалы май қышқылдарына да бай. Ноқат - жалпы денсаулыққа аса қажет темір, магний, фосфор сияқты пайдалы заттар және В дәрумендерінің жақсы көзі. Ноқаттағы диеталық талшықтың жоғары

мөлшері ас қорыту жүйесін қалыпқа келтіруге және метаболизмді жақсартуға көмектеседі [2]. Жалпы тағамдық мақсатта қолданылатын ноқат ГОСТ 8758-76 қарастырылады, сонымен қатар медициналық-биологиялық талаптармен және тамақ шикізаты мен азық-түлік өнімдерінің сапасының санитарлық нормалары СанЕж/ЕН 1.3.2.1078-01 сәйкес жүргізіледі [3, 4].

Осы зерттеуде ноқат ұнының глютенсіз кондитерлік өнімдерді өндіруге жарамдылығын жақсарту бойынша микротолқынды пеште (СВЧ) термиялық өңдеу арқылы ұнды өңдеуге негізделген [5]. Жоғары температура қамырдың икемділігі мен құрылымын жақсартатын крахмал желатинизациясын (шикізат құрамы бойынша) және ақуыздың денатурациясын жақсартады. Қамырдың дұрыс консистенциясына жету үшін оңтайлы ылғалдылық деңгейі қажет. Шамадан тыс немесе жеткіліксіз ылғалдылық жағымсыз текстуралық қасиеттерге және дайын өнімнің сапасыздығына әкелуі мүмкін. Термиялық және ылғалды өңдеуде уақыт та өте маңызды. Тым қысқа уақыт қажетті нәтиже бермеуі мүмкін, ал шамадан тыс өңдеу маңызды тағамдық компонентердің жоғалуына және органолептикалық қасиеттердің нашарлауына әкелуі мүмкін. Сондықтан бұл зерттеу барысында температура ( $t^{\circ}\text{C}$ ), ылғалдылық (%) және уақыт (Т, минут) сияқты параметрлердің ноқат ұнының қамыры мен одан жасалатын

кондитерлік өнімдерді дайындап өңдеу жағдайларына байланысты сипаттамалық ккрсеткіштеріндегі айырмашылықтардың болуын анықтап, дайындатын жана глютенсіз кондитерлік өнімнің дайындалу процесінің оптималды режимдерін зерттеуге арналды. Осылайша, бұл шарттарды оңтайландыру қажетті қасиеттері бар сапалы глютенсіз кондитерлік өнімдерді дайындаудың негізгі кілті болып табылады.

Зерттеуде микротолқынды термиялық өңдеу арқылы ноқат ұнының глютенсіз кондитерлік өнімдерді өндіруге жарамдылығын арттыру өте перспективалы болып көрінеді. Бұл әдіс ұнның физикалық қасиеттерін өзгертуге, оның құрылымы мен функционалдығын жақсартуға көмектеседі. Микротолқынды пеште (СВЧ) өңдеу крахмалдың желатинденуіне, қамырдың тұтқырлығын жақсартуға және серпімділікті арттыруға көмектеседі. Бұл дәстүрлі ингредиенттер қажетті сипаттамаларды бере алмайтын глютенсіз өнімдер үшін өте маңызды. Сонымен қатар, бұл тәсіл қоректік заттардың биожетімділігін арттырып, микробиологиялық қауіпсіздікті жақсартып алады. Бұл бағыттағы зерттеулердегі процестер мен тұжырымдарды оңтайландыруға көмектеседі, яғни өз кезегінде жақсырақ және дәмді глютенсіз өнімдерді жасауға әкеледі [6, 7].

Микротолқынды өңдеу шын мәнінде дәнді дақылдар мен жалған дәнді дақылдарды термиялық және ылғалдылықпен өңдеудің жылдам және үнемді әдісі болып табылады. Бұл әдісте материалды біркелкі қыздыруға мүмкіндік береді, бұл оның текстуралық және функционалдық қасиеттерін жақсартуға көмектеседі. Өңдеуде микротолқынды пешті пайдаланғанда температураның тез арада жоғарылауы байқалады, бұл крахмалдың қажетті желатинизациясына және ақуыздардың денатурациясына әкелетіні түсінікті. Бұл әсіресе глютенсіз өнімдер үшін маңызды, себебі өз кезегінде, ұнның байланыстыру қасиеттерін жақсартады. Сонымен қатар, микротолқынды пеште өңдеу бу немесе жылу өңдеу сияқты дәстүрлі әдістермен салыстырғанда уақыт пен қуат шығындарын азайтуға көмектеседі. Бұл ұн мен дайын өнімнің сапасын тиімді жақсартуға мүмкіндік беретін өнеркәсіптік өндіріс үшін

маңызды тәсілді [8, 9, 10].

Бұл зерттеулер ноқат ұнынан жасалған қамыр мен оның кондитерлік өнімдерінің температура, ылғалдылық және уақытқа тәуелділігі сияқты өңдеу жағдайларына байланысты параметрлік сипаттамалары айтарлықтай өзгеруі мүмкін екенін көрсетеді. Осылайша, осы шарттарды оңтайландыру қажетті қасиеттері бар сапалы глютенсіз кондитерлік өнімдерді жасаудың және осы бағытта дамытудың кілті болып табылады.

Глютенсіз өнімдер бағыты бойынша жарма және бұршақ дақылдары сияқты әртүрлі шикізат түрлерін қолдануға деген қызығушылықтың артуына қарамастан, олардың ұнынан алынған қамырдың реологиялық және термиялық қасиеттеріне әсер етуші оптималды факторлар сипаттары әлі де аз зерттелгендігі тақырыптың өзектілігін көрсетеді. Бұл қасиеттерді түсіну сапалы композициялық ұн қоспаларын жасау үшін маңызды, өйткені ұнның әртүрлі түрлері қамырдың құрылымына, серпімділігіне және тұрақтылығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Оңтайлы ұн комбинацияларын және олардың соңғы өнімнің физикалық сипаттамаларына әсерін анықтау үшін қосымша зерттеулер қажет. Бұл бізге жақсартылған қасиеттері бар глютенсіз өнімдерді өндіру үшін тиімдірек рецептуралар мен технологияларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Ноқат ұнын өңдеу оны қолданып нан және кондитерлік өнімдерін жасау Қазақстан халқының тамақтану жолының дұрыс және сапасын арттырудың маңызды бағыты болып табылады. Перспективалы шикізатты пайдалану диеталық кондитерлік ассортиментті байытып қана қоймай, сонымен қатар халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын жақсартуға көмектеседі.

Биологиялық құндылығы жағынан ноқат жасымық пен бұршақтан жоғары, соядан кейін екінші орында, сондықтан ноқат қосылған өнімдерде ақуыздың мөлшері артып қана қоймай, оның сапасы да жақсарады. Ноқат белоктарында лизин, метионин, треонин және триптофанның жоғары мөлшері бар.

Ноқат тұқымында фосфор – 290 мг/100 г,



калий және магний – 126 мг/100 г айтарлықтай мөлшерде. Бұл кальций мен фосфордың 1:1,5 қатынасымен ерекшеленетін бірнеше бұршақ тұқымдас дақылдардың бірі.

Ноқатта селеннің болуы өте құнды – 0,5 мг/100 г (өнімге шаққанда) құрайды, темір – 18,7, мырыш – 2,87 мг/100 г. Ноқат лецитиннің, рибофлавиннің (В2), тиаминнің (В1), никотин және пантотен қышқылдарының, холиннің және басқа дәрумендердің жақсы көзі болып табылады.

Диетада ноқат өнімдерін пайдалану әлсіреген өкпе белсенділігін нығайтуға көмектеседі және суық тию мен бронх ауруларын жояды. Ноқаттағы магнийдің болуы бас айналуы жоюға көмектеседі, қан қысымын қалыпқа келтіреді, жүрек пен қан тамырларының бұлшықеттерін қорғайды.

Ноқат құрамындағы кальций тістерді, сүйектерді және жүрек бұлшықеттерін баланста ұстау үшін қажет. Селен ағзадағы гемопозс процесін тұрақтандыру, ондағы қатерлі түзілімдерді тежеу және остеопороздың алдын алу үшін қажет [11].

Осы тұрғыдан алғанда бұршақ тұқымдас дақылдары диеталық және профилактикалық бағыттағы аса зор перспективалы шикізат болып табылады. Сондай дақылдардың бірі – ноқат. Биологиялық құндылығы жағынан ноқат жасымық және бұршақ сияқты бұршақ тұқымдас дақылдардан жоғары, соядан кейін екінші орында. Сондықтан ноқат қосылған өнімдерде ақуыздың мөлшері артып қана қоймай, оның сапасы да жақсарады. Ноқат ұнының биологиялық құндылығы тек ақуыз мөлшерімен ғана емес, оның салмағы мен құрамдас компоненттерімен, сондай-ақ май қышқылды қосылыстарымен де анықтайды.

Әдебиеттік шолу бойынша, май қышқылдарының жалпы мөлшері 100 г өнімінде -7,7% (4,32 г) құрайды, оның 13%-ы қаныққан май қышқылдары, 20% -ы бір қос байланысты моноқанықпаған қышқылдан және 67% -ы полиқанықпаған май қышқылдары болып келеді. Полиқанықпаған май қышқылдары сарысудағы холестерин деңгейін белсенді түрде төмендетеді; моноқанықпаған - қан сарысуындағы холестеринге тәуелсіз әсер

етпейді. Бұл шиізатты немесе одан алынған өнімдерді өндегенде, оның тағамдық май қышқылдарының мөлшерін арттыруда негізгі рөл атқаратын қаныққан май қышқылдары қатарына жатады. Полиқанықпаған май қышқылдарының болуы қан тамырларының қабырғаларында ауыр холестерин концентрациясын болдырмайтын простагландиндердің түзілуіне жағдай жасайды [12]. Полиқанықпаған май қышқылдары маңызды қоректік заттар болып табылады. Олардың айқын антиатерогендік әсері бар [13]. Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, адам рационына полиқанықпаған май қышқылдарын жүйелі түрде қосымша енгізу жүректің ишемиялық ауруы, дисциркуляторлы энцефалопатия және аяқтың төменгі жағындағы артериялардың окклюзиялық аурулары сияқты, атеросклероздан туындаған аурулардың дамуы мен асқыну қаупін айтарлықтай алдын алып төмендетуге мүмкін жасайды [14].

Осыған байланысты зерттеудің мақсаты биобелсенді ноқат ұнының негізінде биологиялық құндылығы жоғары глютенсіз кондитерлік өнімдер дайындауда физикалық параметрлердің майқышқылдық құрамына әсерін зерттеу. Бұл зерттеуде мақсаты микротолқынды пеште (СВЧ) ноқат ұнының өңделмеген, яғни өндеуге дейін және одан кейінгі алынған ұнының майлы қышқылдық құрамын зерттеу және өңделген ұн негізінде дайындалған жаңа кондитерлік өнім (профильтроли) және жартылай фабрикаттармен салыстыру. Қолданылатын сынақ объектілері ноқат ұны және глютенсіз кондитерлік өнімдер болып табылады. Ноқат ұнына негізделген глютенсіз кондитерлік өнімдерді әзірлеу кезінде микротолқынды пеште (СВЧ) алдын - ала өндеу ұсынылады.

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеуде бақылау үлгісі ретінде өңделген ноқат ұны және одан дайындалған жаңа глютенсіз кондитерлік өнім (профильтроли) және салыстырмалы бақылау үлгісі –өңделмеген ноқат ұны алынды.

Үлгілерді масс-спектрометриялық газ хроматографиясының (ГХ/МС) әдісімен эксперименттік зерттеп талдау Е.Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің «Физика-химиялық зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі аккредиттелген



зертхана орталығында жасалды.

Бақылау үлгісі ретінде алынған өңделмеген ноқат ұнымен өңделген ноқат ұны және глютенсіз өнімнің (профильтроли) май-қышқылдық құрамы масс-спектрометриялық газ хроматографиясының (ГХ/МС) әдісімен анықталды. Ноқат ұнының компоненттік құрамын анықтау үшін экстракция және хроматографиялық әдістер көмегімен талдау жүргізілді.

Экстракция процесі: Алдымен өңделмеген ноқат ұнының құрамдас компоненттік құрамын анықтау үшін экстракциялау жүргізілді. Экстракция 10 мл хлороформ 8 г үлгі(лермен) араластырылды, қоспаны бір минут шайқап, бөлгіш сүзгіште сүзеді және 5 мл хлороформмен қайта шаймалап шаяды. Әр үлгі осы әдіспен үш рет қайталанады. Экстракциялау процесінде алынған біріктірілген сығынды күйдірілген  $MgSO_4$ -пен кептірілді және 1,5 мл-ге дейін буланды. Алынған үлгілерге масс-спектрометриялық газ хроматографиясының (ГХ/МС) Agilent 7890A газ хроматографы пайдаланылып талдау жүргізілді. Бұл әдіс май қышқылдарының сандық және сапалық құрамын анықтауда жоғары сезімталдық пен дәлдікті қамтамасыз етеді.

Үлгілер газ хроматографиясының Agilent 5975°C массалық селективті детекторы бар аппарат көмегімен талданып зерттелді.

Талдау келесі шарттарда жүргізілді: баған түрі – Rxi-5ms, баған ұзындығы – 30 м; баған диаметрі – 0,25 мм; колонна адсорбентінің қалыңдығы – 0,25 мкм, буландырғыш температурасы – 250 °C; термостат температурасы – 60-300 °C; тасымалдаушы газ – гелий; тасымалдаушы газ шығыны – 1 мл/мин; бағандағы газ қысымы – 54,51 кПа; үлгі көлемі – 0,2 мкл.

Нәтижелер GS-MSD Data Analysis бағдарламасы арқылы автоматты түрде өңделді. Эксперимент нәтижелерінің масс-спектрограммалары үлкейтілген түрде 1-3 суретте мақалада келтірілген.

**Нәтижелер мен талқылаулар.** Ноқат ұны - өңделмеген (салыстырмалы бақылау нұсқасы), өңделген ұн – негізгі шикізат және одан дайындалған кондитерлік өнімнің (профильтролидің)

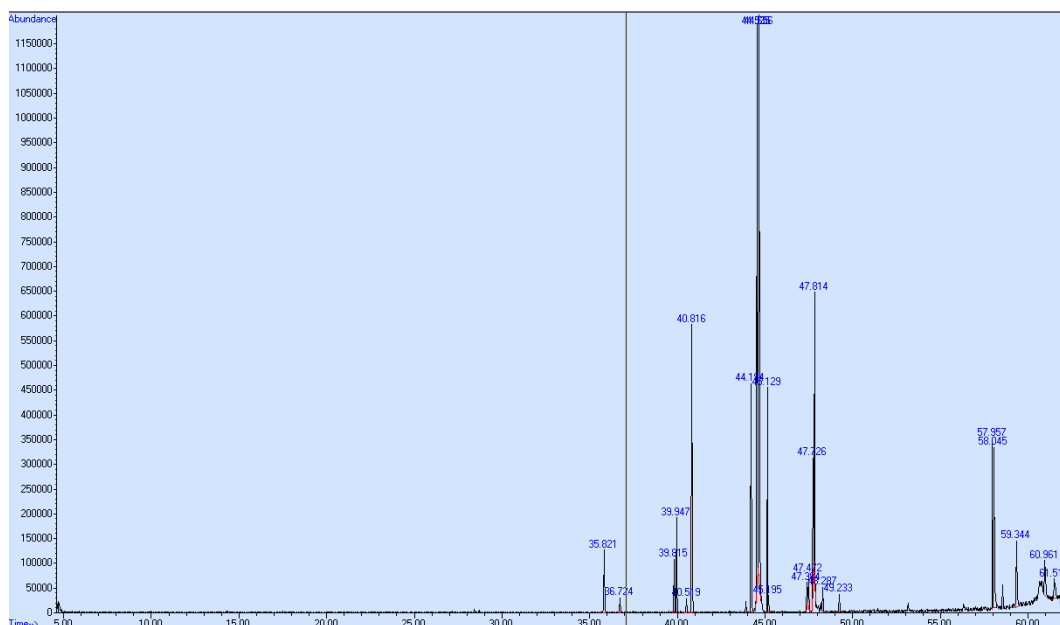
масс спектроскопияда детекторлық бөлініп алынған липофильді кешеннің құрамын және құрамдас май қышқылдарының пайызын зерттеу нәтижелерінің талдауы 1-3-суреттерде келтірілген.

Талдау бойынша, өңделмеген ноқат ұнында (салыстырмалы бақылау үлгісі) 22 қосылыс бары анықталған. Ал зерттеу барысында термиялық өңдеуден өткен ноқат ұнында 26 қосылыс спектрометрияда байқалды. Бұл яғни эксперименттік зерттеудің ерекшелігі, ноқат ұнын термиялық өңдеу кезінде улы заттардың сандық құрамының азайып, тағамдық құндылығы жоғарлайтыны және жаңа алынатын өнімнің пайдалы қосылыстарының пайыздық мөлшерінің артатыны және тағам шикізатында болатын зиянды компоненттердің модификациялануы байқалатыны зерттеу барысында дәлелденді.

Мысалы, барлық азық-түлік өнімдерінде маңызды құрамдас болып саналатын линол, линолен, олеин және пальмитин қышқылдарының, стеарин қышқылының метил эфирінің, фтал қышқылының және дәрумендер қатарының, яғни dl-альфа- және гамма-токоферолдардың ең жоғары мөлшері бар екені анықталды. Зерттеудің алғашқы кезеңінде өңделмеген ноқат ұны Масс-спектрометриялық газ хроматографиясының (ГХ/МС) өңделмеген ноқат ұнының (NE\_OBR\_NUT\_MUKA) хроматограммасы 1-суретте келтірілген.

Зерттеу нәтижесі бойынша хроматограмма көрінісі май қышқылының құрамы бойынша өңделмеген ноқат ұнының (NE\_OBR\_NUT\_MUKA) үлгісін талдау кезінде зерттеу нәтижелері 30 минут ішінде хроматограмма бойынша көріну уақыты 35,821 минуттан - 61,511 минут аралығында 22 қосылыс анықталғанын көрсетті.

Хроматограммалар бойынша өңделмеген ұн шикізатының негізгі құрамдас бөліктері: токоферол – 7,02%, Е витамині – 3,11%, пальмитин қышқылы – 2,16%, стеарин қышқылының метил эфирі -4,35%, линол қышқылы – 3,57%, адипин қышқылының үлесі 9,2% пайызды құрайтынын және о-фтал қышқылы тек 0,62% және басқа қосылыстар бар екенін көруге болады.



1-сурет. Өңделмеген ноқат ұнының хроматограммасы (NE\_OBR\_NUT\_MUKA)

Өңделмеген ұнда канцерогенді қосылыстардың пайыз мөлшері жоғары және хроматограммада байқалу уақыты 40,816 минуттан-44,656 минуттар аралығында, яғни 11,00-20,96 % аралығында байқалады. Табиғи ноқаттың құрамында ұнды өндегеннен кейін және өнімдерді дайындау кезінде анықталған каприл амиді термиялық (СВЧ) өндеудің барысында модификациялануының нәтижесінде тиісті көріну аймағы уақытында 10–12% үлесте стеарин қышқылының метил эфирі сияқты құнды тағамдық компонентке дейін айналатыны байқалды. Сондай-ақ өңделмеген ұнның құрамындағы 5-Хлоро-3-[2-этрагидропиранилметил]-4(3Н)-хиназолон (20,00%), пиперидин N-этил-4-[1-аминоэтил] сияқты қосылыстар да өңделген ноқат ұнындағы мөлшері (хроматограммада сурет -1 тиісті шығу уақытында) - 2,78%-ға дейін төмендегені, ал жаңа дайындалған өнімде (профильтролиде) ол небәрі 0,59%-ды құрады.

2-бензотиазолсульфенамидтің өңделген ноқат ұнында 20,96% мөлшері өңделген түрінде-3,05%-ға дейін төмендейді, ал жаңадан жасалған кондитерлік өнімде (профильтролиде) ол тек 0,76% құрады.

Бұл нәтежелер бойынша келесі тұжырым жасайға болады: термиялық өңдеу (ЖЖӨ) ба-

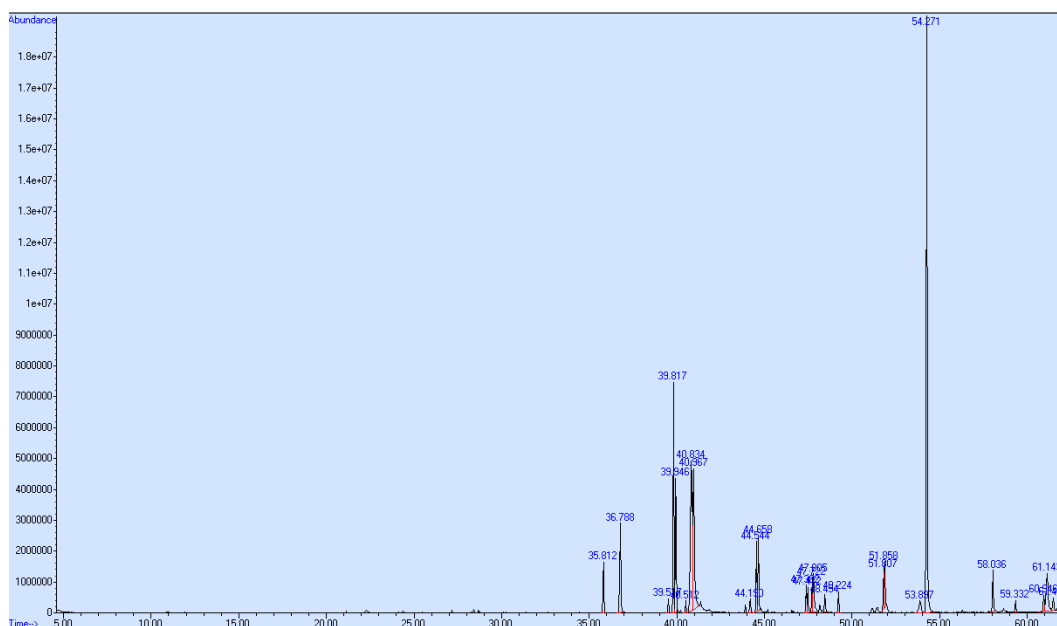
рысында табиғи заттар құрамындағы құрамдас кейбір улы, канцерогенді заттар модификациялануы барысында тағамдық құндылығы жоғары қосылыстарға алмасатынындығын байқауға болады, бұл әдістің арзан және тиімділігін көрсетеді.

Сонымен қатар, өңделмеген ұнның құрамында Е 355 дозалық тағамдық қоспасы (адипин қышқылы) 9,20% мөлшерде болды. Бұл қышқыл антиоксидант қызметін атқарады және тамақ өнеркәсібінде қышқылдандырғыш және тағамды мерзімінен бұрын бұзылудан және қышқылданудан қорғауда консервант ретінде қолданылады. Тамақ өнеркәсібінде сонымен қатар, Е355 тағамдық қоспасы бар тағамдар мен сусындарға (негізінен алкогольсіз) қышқыл дәм беруге арналған, бірақ ол 2-қауіптілік сыныбы қатарына кіреді. Жалпы, ол адамға зиянсыз деп саналады. Бірақ негізінен дозасын және пайдалану ережелерін сақтамауға байланысты денсаулыққа қауіп төндіреді. Адипат ионына негізделген тәулігіне дене салмағының әр кг-на 5 мг-нан аспайтын мөлшерін тұтынуға рұқсат етіледі. Судағы ең жоғары рұқсат етілген концентрациясы 1 литрге 2 мг құрайды. Ал жаңа дайын өнімнің (3-сурет) бойынша хроматограммасында бұл көріну аймағы уақытында қоспаның модификацияланғандығы байқалып, тағамдық қышқыл - линол қышқылы басқанын және оның 9,65% мөлшер шама-

сында байқалғаны анықталды. Линол қышқылы -C=C- қос байланысының болуына байланысты полиқаньқпаған май қышқылының мысалы болып табылады. Бұл соя, жүгері сияқты өсімдік майларында кездесетін негізгі май қышқылы. Ол маргарин, асханалық майлар, сонымен қатар сабын, эмульгаторлар және тез кептіргіш майлар алу үшін де қолданылады. Линол қышқылы адам мен жануарлар ағзасына қажетті алмастырылмайтын май қышқылдарының екі класының біріне жатады. Егер адам осы маңызды май қышқылдарын жеткілікті мөлшерде тұтынбаса, денсаулығына байланысты бірқатар қиындықтар

туындауы мүмкін. Линоеаттың (қышқылдық тұз түрі) жеткіліксіз мөлшері бар және эксперимент бойынша анықталған, диеталар терінің қалыпты зақымдалуын, шаштың түсуін және терінің қалпына келуін бұзуды тудырады.

Сонымен қатар мақалада зерттеу бойынша 2-суретте көрсетілгендей өңделген ноқат ұнының май қышқылдық құрамының талдауы келтірілген. Өңделген ноқат ұнының компоненттік құрамының үлгісіне (OBR\_NUT\_MUKA) зерттеу барысында нәтиже келесі көріністі бере отырып (2-суретте) - 26 қосындының бар екені айқындалды.



2-сурет. Өңделген ноқат ұнының хроматограммасы (OBR\_NUT\_MUKA)

Зерттеудің талдау нәтижесі бойынша, өңделмеген ноқат ұнымен салыстырғанда бұл нысанда компоненттердің саны 4 қосылысқа артқаны анықталды, яғни микротолқындық пеште термиялық СВЧ әдіспен өңдеу заттардың модификациясына әкелетіні анықталды.

Микротолқынды пеште өңдеуден кейін өңделген ноқат ұнында олеин қышқылы 10,36% құрады, ол хроматограммада өңделмеген ұн құрамында жоқ және тағамдық линол қышқылы жоғары мөлшерде (28,10%) алдыңғы зерттеу бойынша өңделмеген ноқат ұнының құрамымен (3,57%) салыстырғанда 7,9 есе артық екені анықталды,

бұл зерттеудің көрсеткіштері жоғарыда айтылып өткен критерийлердің дәлелі болып табылады.

Зерттеу бойынша тағамдық қышқылдардың құрамында пальмитин қышқылының жалпы мөлшері 7,04%-ға екі есе өсті (өңделмегенде ұнда ол 2,16%-ды құрады), стеарин қышқылының метил эфири жалпы май қышқылдарының үлесінің 4,35%-дан 30,79%-ға дейін ауытқитыныны байқалды. Бұл аналитикалық көрсеткіштер стеарин қышқылының метил эфирінің жоғарылауы, пальмитин қышқылының өңделген үлгіге қарағанда екі есе көп болуы, үлгіні микротолқынды пешпен өңдеу кезінде тағамдық құндылығының жоғары-

лағандығы байқалады.

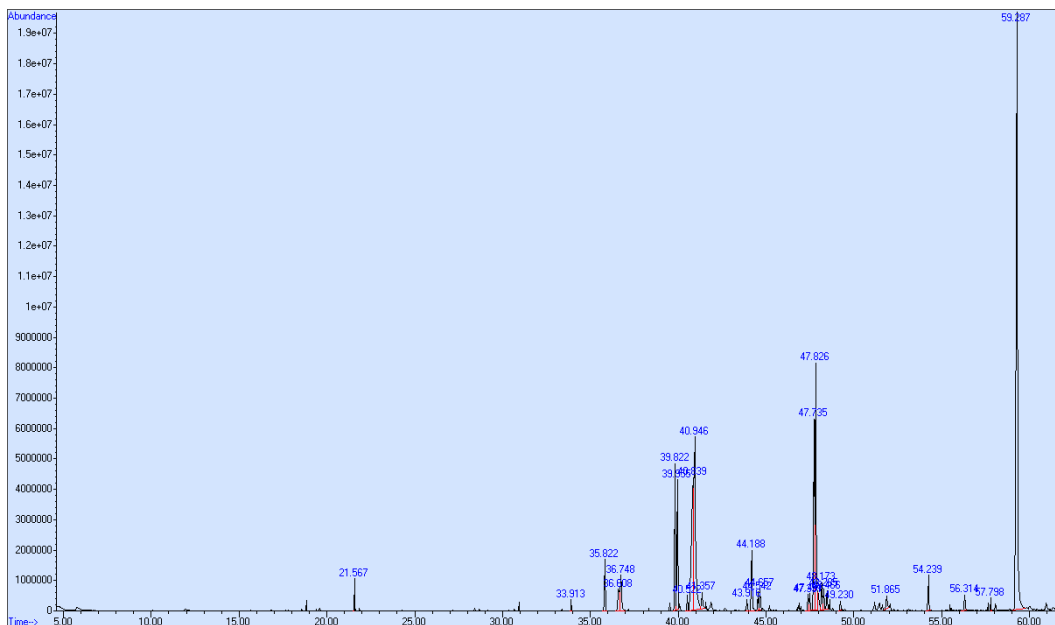
Өңделген ноқат ұнындағы табиғи Е дәрумендерінің және dl-альфа- және гамма-токоферолдардың мөлшері 10,11%-дан 2,46%-ға дейін төмендеуі дайындалған жаңа кондитерлік глютенсіз өнімнің (профильтроли) тағамдық құндылығын түсірмейді, себебі онда синтезделген жаңа биологиялық белсенді қосылыстардың түзілгенін көрсетті. Сондай-ақ хроматограмма-лық нәтиже (2- сурет) биологиялық белсенді қышқылдар – миокардтың инотропты функциясының тежелуіне жауап беретін фумар қышқылы, фталль қышқылы сияқты заттардың және дилтиазем қосылысының сәйкестік байқалу уақыты аймағында байқалғанын көрсетті. Сондай-ақ қанықпаған май қышқылы - 11,13-эйкосадиен қышқылының метил эфирі 1,29% мөлшерде анықталды, бұл қосылыс өсімдік құрамының май қышқылдарына жататын өкіл. Сонымен қатар, нейропротекторлық белсенділікке ие,

кампестерол 0,89% мөлшерде және өсімдіктен алынатын холестериннің аналогы, азық-түлік өнімдерінде ең көп таралған зат - фитостерол бар екені анықталды.

Зерттеу сонымен қатар миоген ақуызы қызметін атқаратын 2,2'-(1,4-пиперазиндил)бис[N-(4-метоксифенил) сукцинимид] (0,1%-да) және инотропты тежейтін дилтиазем (1,08%-да), яғни миокардтың геропротекторлық белсенділігі бар қызметін атқаратын қосылыстардың бар екені де анықталды.

Зерттеу нәтижесі бойынша, өңделген ноқат ұнының құрамы табиғи белсенді және тағамдық құндылығы жоғары қосылыстарға бай екенін көрсетеді.

Зерттеудің келесі кезеңінде кондитерлік жаңадан жасалған өңделген ноқат ұнынан дайындалған глютенсіз өнім - PROFITROLI\_OBRAZEZ\_2 (3-суретте) көрсетілген.



3-Сурет. Профилтролидың )PROFITROLI\_OBRAZEZ\_2) хроматограммасы

Зерттеу барсында, тек глютенсіз кондитерлік өнімдерде (PROFITROLI\_OBRAZEZ\_2) жоғары холестерин мөлшерін 33,93% құрайтыны көрсетілген.

Профильтроли құрамындағы өсімдік стеролы

(фитостерол) - стигмастерол (Е 499 тізімделген бойынша тағамдық қоспа) мөлшері - 0,79%, ноқат ұнын өндегеннен кейін анықталды, жасуша мембраналарының құрылымы мен физиологиясын сақтаудың негізгі функциясы бар ең көп

таралған заттардың бірі және LDL холестерин деңгейін төмендетуге қабілетті заттардың да кездесетіні анықталды. Фитостерол азық-түлік өндірісінде биологиялық құрамдық мөлшерін арттыруға, сонымен қатар D3 витаминінің прекурсоры ретінде қарастырылады. Өндірістегі тағамдық қоспалар жартылай синтетикалық прогестеронд, эстроген эсерлерімен байланысты реттеуші және тіндерді қалпына келтіру механизмдерінде маңызды физиологиялық рөл атқаратын, эстрогендер және кортикоидтарқатарына жататын Stigmasterol қосылысы да зерттеу жұмысы бойынша кездесетіні анықталды. Ол бұршақ қалдықтардында, тұқымдарында кездеседі. Пастеризацияланған стигмастеролдарды инактивациялау, тағамдық майларға қарағанды көкеніс майдарына көбірек кездеседі.

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, глютенсіз нан өнімдерін дайындау кезінде микротолқынды өңдеу витаминдердің өзгерістерге ұшыруы (мысалға профилтроли үлгісінің пайдалана отырып), олар сәйкесінше пайдалы тағамдық және биологиялық құнды қосылыстарға айналады. Өнімдердің сапасын бағалау кезінде олардың құрамындағы маңызды полиқанықпаған май қышқылдарының екі өкілі - линол және линолен қанықпаған жоғары май қышқылдарының мөлшері үлкен мәнге ие. Екі қышқыл да өсімдік ағзаларының биосинтезінің өнімдері болып табылады, олар олеин қышқылынан түзіледі.

Зерттеу нәтижелері бойынша, хроматограмма-лардан көрініп тұрғандай, ноқат ұнын микротолқынды пешпен өндеген кезде өңделген ұннан глютенсіз кондитерлік өнім (профилтроли) сияқты биотехнологиялық қасиеттері жоғары жаңа өнім алу мүмкін болды.

**Қорытынды.** Өңделмеген және өңделген ноқат ұнының және глютенсіз кондитерлік өнімдердің май қышқылдық құрамын масс-спектрометриялық газ хроматографиясының ГХ/МС әдісімен анықтау тиімді әдіс болып табылатыны анықталды.

Зерттелетін объектілер, өңделген ноқат ұны полиқанықпаған май қышқылдарының көзі үшін перспективалы өнім бола алатынын зерттеу нәтижесімен дәлелденеді және функционалдық

тағамдарды дайындауда және аурудың жекелеген түрлерін кешенді емдеу терапиясының бір бөлігінде пайдалы тағамдық зат ретінде емдеуде қолданылуға болатынын ұсынуға болады.

Масс-спектрометриялық газ хроматографиясының ГХ/МС әдісімен зерттеу қорытындысы бойынша жаңадан дайындалған глютенсіз өнімнің (профилтроли) құрамдық компоненттерінің сандық және сапалық құрамы салыстырмалы бақылау үлгісімен (өңделмеген ноқат ұнымен) және термиялық өңделген (негізгі шикізат) ноқат ұндарымен салыстырғанда маңызды және пайдалы тағамдық диеталық жоғары май қышқылдарының сандық құрамының артқандығы байқалды:

- олеин қышқылы 12,28 % -ға дейін;
- линол қышқылы 3,57-ден 28,10% -ға дейін жоғарлағаны;
- фталль қышқылы 0,62-ден 2,01%-ға дейін артқандығы,
- пальметин қышқылы 2,16-дан 7,04%-ға дейін жоғарлағаны;
- стеарин қышқылы 4,35-30,79% аралығында жоғарлағандығымен дәлелденеді.

Бұршақ тұқымдас дақылдарды микротолқынды пешпен өңдеу (уақыттық қатынас бойынша) арқылы олардың құрамдық зиянды - улы заттарының сандық мөлшерінің азаюымен және толық модификациялануы алынған нәтижелер дәлелденіп және бұл тиімді әдіс екені анықталды.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер өнімнің тұтынушылық сапасын және сақтаудың тұрақтылығын арттыру мақсатында кондитерлік өнімдерді өндіруде микротолқынды пешті пайдалана отырып, ноқат ұнын «модификациялауды» қолданудың орындылығын растайды.

Жоғарыда аталған компоненттерді пайдалана отырып, «пайдалы тағам» кондитерлік өнімдерінің жаңа желісін әзірлеу қымбат тұратын импорттық өнімдерді немесе компоненттерді сатып алуды азайтады.

Бұл зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің гранттық қаржыландыру AR09561622 «Қазақстанда өсірілетін бұршақ тұқымдарынан алынған ұнды



пайдалана отырып, глютенсіз ұннан жасалған кондитерлік өнімдерді өндіру технологиясын әзірлеу» тақырыбы аясында жүргізілді.

Масс-спектрометриялық газ хроматография-

сының (ГХ/МС) әдісімен эксперименттік зерттеу талдауын жасаған Е.Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің «Физика-химиялық зерттеу әдістері» инженерлік бейіндегі аккредиттелген зертхана орталығына алғыс айтамыз.

### Әдебиеттер

1. Antonella Maggio, Santino Orecchio. Fatty Acid Composition of Gluten-Free Food (Bakery Products) for Celiac People // Chemistry and Materials Science. -2018. DOI:10.20944/preprints201806.0142.v1
2. Хорошевская Л. Эффективность использования нута в рационах птицы // Комбикорма. -2012. -№4. – С.61-62. URL: [https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/4\\_12/04\\_2012\\_61-62.pdf](https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/4_12/04_2012_61-62.pdf)
3. ГОСТ 8758-76 Межгосударственный стандарт. Нут. Требование при заготовках и поставках.
4. СанПиН 2.3.2.1078-01. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов
5. Омаралиева А.М., Ботбаева Ж.Т., Агедилова М.Т., Абилова М., Жанайдарова А. Влияние СВЧ обработки зернобобовых культур на свойства безглютеновой муки // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки. -2021. -№ 4 (137). –С. 75-83. DOI: 10.32523/2616-7034-2021-137-4-75-83
6. Omaraliyeva A., Botbayeva Zh., Agedilova M.T., Abilova M. Determining the optimal parameters of ultra-high-frequency treatment of chickpeas for the production of gluten-free flour // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. –Vol. 5(11) (113). –P. 51–60. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241877
7. Omaraliyeva A., Botbayeva Zh., Agedilova M.T., Abilova M., Nurtayeva A., Baishugulova Sh.. Development of the recipe composition of gluten-free flour confectionery products based on chickpea flour // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Technology and Equipment of Food Production. – 2022. –Vol. 6 (11) 120. –P. 109 -125. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269397
8. Etienne V Aguiar, Fernanda G Santos, Ana Carolina L S Centeno, Vanessa D Capriles Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability // Food Research International. - 2021, Vol. 150. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110762
9. Xu Chen, Xiaowei He, Xiong Fu, Qiang Huang. In vitro digestion and physicochemical properties of wheat starch/flour modified by heat-moisture treatment // Journal of Cereal Science. -2015.-Vol 63. -P. 109-115. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.03.003
10. Ainhoa Vicente, Marina Villanueva, Pedro A. Caballero, Athina Lazaridou, Costas G. Biliaderis, Felicidad Ronda. Flours from microwave-treated buckwheat grains improve the physical properties and nutritional quality of gluten-free bread // Food Hydrocolloids. -2024. - Vol. 149. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.109644
11. Толстогузова Т.Т., Ниязова Д.Р. Разработка рецептуры и технологии изготовления пряников с использованием муки из нута / Молодой ученый. - 2020. -№ 21 (311). - С. 550-552. URL: <https://moluch.ru/archive/311/70338>
12. Пашенко Л.П. Разработка технологии хлеба, обогащенного семенами нута // Журнал Успехи современного естествознания. - 2009. -№ 1. - С. 24-38
13. Намсараева Г.Т., Николаев С.М. Фитотерапия начальных форм хронической недостаточности мозгового кровообращения. – Улан-Удэ, 2003. – 176 с.

14. Громова О.А., Керимкулова Н.В. Нейропротективный эффект докозагексаеновой и эйкозопентаеновой полиненасыщенных жирных кислот и перинатальная защита мозга плода (клинико-фармакологическая лекция) // Гинекология. – 2011. – № 6. – С. 30–36.

### References

1. Antonella Maggio, Santino Orecchio. Fatty Acid Composition of Gluten-Free Food (Bakery Products) for Celiac People //Chemistry and Materials Science. -2018. DOI:10.20944/preprints201806.0142.v1
2. Horoshevskaja L. Jeffektivnost' ispol' zovaniya nuta v racionalah pticy // Kombikorma. -2012. -№4. – S.61-62. URL: [https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/4\\_12/04\\_2012\\_61-62.pdf](https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/4_12/04_2012_61-62.pdf) [in Russian]
3. GOST 8758-76 Mezhgosudarstvennyj standart. Nut. Trebovanie pri zagatovkah i postavkah. [in Russian]
4. SanPiN 2.3.2.1078-01. Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila i normativy Gigienicheskie trebovanija bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevyyh produktov [in Russian]
5. Omaraliev A.M., Botbaeva Zh.T., Agedilova M.T., Abilova M., Zhanajdarova A. Vlijanie SVCh obrabotki zernobobovyh kul' tur na svoystva bezglutenovoj muki // Vestnik ENU imeni L.N. Gumileva. Serija Biologicheskie nauki. -2021. -№ 4 (137). –С. 75-83. DOI: 10.32523/2616-7034-2021-137-4-75-83 [in Russian]
6. Omaraliyeva A., Botbayeva Zh., Agedilova M.T., Abilova M. Determining the optimal parameters of ultra-high-frequency treatment of chickpeas for the production of gluten-free flour // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. –Vol. 5(11) (113). –P. 51–60. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241877
7. Omaraliyeva A., Botbayeva Zh., Agedilova M.T., Abilova M., Nurtayeva A., Baishugulova Sh. Development of the recipe composition of gluten-free flour confectionery products based on chickpea flour // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Technology and Equipment of Food Production. – 2022. –Vol. 6 (11) 120. –P. 109 -125. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269397
8. Etienne V Aguiar, Fernanda G Santos, Ana Carolina L S Centeno, Vanessa D Capriles Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability//Food Research International. - 2021, Vol. 150. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110762
9. Xu Chen, Xiaowei He, Xiong Fu, Qiang Huang. In vitro digestion and physicochemical properties of wheat starch/flour modified by heat-moisture treatment // Journal of Cereal Science. -2015.-Vol 63. -R. 109-115. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.03.003
10. Ainhoa Vicente, Marina Villanueva, Pedro A. Caballero, Athina Lazaridou, Costas G. Biliaderis, Felicidad Ronda. Flours from microwave-treated buckwheat grains improve the physical properties and nutritional quality of gluten-free bread // Food Hydrocolloids. -2024. - Vol. 149. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.109644
11. Tolstoguzova T.T., Nijazova D.R. Razrabotka receptury i tehnologii izgotovleniya prjanikov s ispol' zovaniem muki iz nuta /Molodoj uchenyj. - 2020. -№ 21 (311). - S. 550-552. URL: <https://moluch.ru> [in Russian]
12. Pashhenko L.P. Razrabotka tehnologii hleba, obogashennogo semenami nuta //Zhurnal Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2009. -№ 1. - S. 24-38 [in Russian]
- 13 Namsaraeva G.T., Nikolaev S.M. Fitoterapiya nachal' nyh form hronicheskoy nedostatochnosti mozgovogo krovoobrashheniya. – Ulan-Udje, 2003. – 176 s. [in Russian]
14. Gromova O.A., Kerimkulova N.V. Nejroprotektivnyj jeffekt dokozageksaenovoj i jejkozopentaenovoj polinenasyshennyh zhirnyh kislot i perinatal' naja zashhita mozga ploda (kliniko-farmakologicheskaja

лексија) // Ginekologija. – 2011. – № 6. – S. 30–36. [in Russian]

*Авторлар туралы мәлімет*

Агедилова М.Т. - химия ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, «ХБО» АҚ «Болашақ» түлегі, e-mail: agedilova-2011@mail.ru;

Омаралиева А.М. - техника ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Ботбаева Ж.Т. - биология ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, «ХБО» АҚ «Болашақ» түлегі, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru.

Абилова М.Б. – магистр технических наук, ассистент, НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», Астана, Қазақстан, e-mail: mikentii@inbox.ru

*Information about authors*


Agedilova M.T. - Candidate of Chemical Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, Graduate of JSC Center for International Programs Bolashak, e-mail: agedilova-2011@mail.ru;

Omaraliyeva A.M. – Candidate of Technical Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Botbaeva Zh.T. - Candidate of Biological Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, Graduate of JSC Center for International Programs Bolashak, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru.

Abilova M.B. - Master of Technical Sciences, Assistant, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan, e-mail: mikentii@inbox.ru.

**АЛТЫНҚҰРАМДЫ КЕНДЕРДІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ- ФЛОТАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

**<sup>1</sup>Г. Аскарова, <sup>1,2</sup>Б. Бектур , <sup>1</sup>М.Шаутенов, <sup>1</sup>А. Бегалинов**

<sup>1</sup>Satbayev University, Тай-кен металлургиялық институті, Алматы, Қазақстан,


<sup>2</sup>АҚ «Майқаинзолото», Павлодар, Қазақстан

 Корреспондент-автор: bekturbek@bk.ru

Бұл жұмыста құрамында алтыны бар Васильков кенорынның кенін гравитациялық-флотациялық байытылымдығына байланысты зерттеулер келтірілген. Технологиялық зерттеулерге сәйкес кендегі алтынның орташа мөлшері 5,8 г/т ал күміс мөлшері шамамен – 2,1 г/т. Сынамада негізгі кен минералдары ретінде пирит пен арсенопирит сондай-ақ пирротит кездеседі. Бұл минералдардың кендегі орташа мөлшері минералогиялық және рентгендік дифракциялық талдаулар бойынша шамамен 21.87% (барлығы) құрады. Бастапқы кенде негізгі таужыныс түзетін минералдар ретінде кварц және кварц-хлорит-слюда агрегаттарынан (2.71%), тұрады. Жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша зерттеу кезінде алтынның шығымы 7,04%, концентраттың жалпы шығымы 21,57% және құрамы 24,78 г/т екені анықталды. Бұл ретте гравитациялық қалдықтағы алтынның мөлшері 2,4 г/т. Кезеңдік зерттеу тек гравитациялық байыту технологиясын пайдалана отырып, кенді өңдеу үшін үш сатылы байыту схемасын қолдану жөн екенін көрсетті. Бірінші кезең – 2,5 мм кен мөлшерінде ұсату 2 сатыда 0.4 мм ге дейін ал 3 сатыда 0,2 мм ұнтақтау жүргізілген. Байытудың 1-ші кезеңінде отсадкалау, концентрациялау столдарында және винттік бөлгіштер қолданылады. Байытудың 2- 3 ші кезеңдерінде ұсақ алтынды бөліп алу операциясы ретінде гидроцентрифугалық сепарация тиімді жұмыс істейді. Осы байыту сұлбасы арқылы байыту фабрикасында 0.4 мм дейін ұсақталған бірінші сатыдағы қалдықтарды байыту концентрат шығымдылығымен жалпы гравитациялық концентратқа ұсақ және өте майда сап алтынды бөліп алу мүмкіндігін берді. Бастапқы кенді гравитациялық және флотациялық байыту нәтижелері біріктірілген гравитациялық-флотациялық технологиялық схеманы қолданудың орындылығын көрсетеді. Флотациялық байыту сұлбасы бойынша бастапқы кенді байыту бойынша рН -8.0 кезінде келесі өнімдер алынды: шығымы 14,53% алтын мөлшері 13.3 г/т флотациялық концентрат (II қайта тазартудан кейін); гравитациялық-флотациялық концентраттағы алтынның жалпы алынуы 21.57% шығымдылықпен және 20,87 г/т Au құрамымен флотациялық қалдықтардағы алтынның мөлшері 0,72 г/т.

**Түйін сөздер:** алтын, байытымдылығы, технологиялық зерттеулер, флотация, гравитация, модельдеу, концентрат, қалдық, бөліп алу дәрежесі.

**ТЕХНОЛОГИЯ ГРАВИТАЦИОННО-ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД**

**<sup>1</sup>Г. Аскарова, <sup>1,2</sup>Б.Бектур , <sup>1</sup>М.Шаутенов, <sup>1</sup>А. Бегалинов**

<sup>1</sup>Satbayev University, Горно-металлургический институт, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>АО «Майқаинзолото», Павлодар, Казахстан,

e-mail: bekturbek@bk.ru

В данной работе приведены исследования, связанные с гравитационно-флотационным обогащением золотосодержащих руд Васильковского месторождения. По данным технологических исследований, среднее количество золота в руде составляет 5,8 г/т, а количество серебра - около 2,1 г/т. Основными рудными минералами являются пирит, арсенопирит и пирротин. Среднее содержание этих минералов в руде по данным минералогического и рентгеноструктурного анализов составило около 21,87% (суммарно). Первичная руда состоит из кварца и кварц-хлорит-слюдяных агрегатов (2,71%) как основных породообразующих минералов. По результатам проведенных исследований установлено, что выход золота за время исследований составил 7,04%, общий выход концентрата -

21,57%, состав - 24,78 г/т. При этом количество золота в гравитационном остатке составляет 2,4 г/т. Поэтапное исследование показало, что для переработки руды предпочтительно использовать трехстадийную схему обогащения с применением только гравитационной технологии обогащения. На первом этапе дробилось 2,5 мм руды, на 2-м этапе - 0,4 мм, на 3-м этапе - 0,2 мм. На 1-й стадии обогащения используются отсадочные машины, концентрационные столы и винтовые сепараторы.

Результаты гравитационно-флотационного обогащения первичной руды показывают целесообразность использования комбинированной гравитационно-флотационной технологической схемы. По схеме флотационного обогащения от первичного обогащения руды при pH -8,0 были получены следующие продукты: выход 14,53%, содержание золота 13,3 г/т флотоконцентрата (после II переочистки); общее извлечение золота в гравитационно-флотационном концентрате с выходом 21,57% и содержанием Au 20,87 г/т, количество золота в хвостах флотации - 0,72 г/т.

**Ключевые слова:** золото, обогащение, технологические исследования, флотация, гравитация, моделирование, концентрат, хвосты, извлечения.

## TECHNOLOGY OF GRAVITY-FLOTATION ENRICHMENT OF GOLD ORES

<sup>1</sup>G. Askarova, <sup>1,2</sup>B. Bektur<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>M. Shautenov, <sup>1</sup>A. Begalinov

<sup>1</sup>Satbayev University, Mining and Metallurgical Institute, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>JSC «Maykainzoloto», Pavlodar, Kazakhstan,  
e-mail: bekturbek@bk.ru

This paper presents studies related to gravity-flotation enrichment of gold ores of the Vasilkovskoe deposit. According to technological studies, the average amount of gold in the ore is 5.8 g/t, and the amount of silver is about 2.1 g/t. The main ore minerals are pyrite, arsenopyrite and pyrrhotite. The average content of these minerals in the ore, according to mineralogical and X-ray diffraction analyses, was about 21.87% (total). The primary ore consists of quartz and quartz-chlorite-mica aggregates (2.71%) as the main rock-forming minerals. Based on the results of the research, it was established that the gold yield during the research was 7.04%, the total concentrate yield was 21.57%, and the composition was 24.78 g/t. At the same time, the amount of gold in the gravity residue is 2.4 g/t. A step-by-step study showed that for ore processing it is preferable to use a three-stage enrichment scheme using only gravity enrichment technology. At the first stage, 2.5 mm of ore was crushed, at the 2nd stage - 0.4 mm, at the 3rd stage - 0.2 mm. At the 1st stage of enrichment, jigging machines, concentration tables and screw separators are used.

The results of gravity-flotation enrichment of primary ore show the feasibility of using a combined gravity-flotation technological scheme. According to the flotation enrichment scheme, the following products were obtained from the primary enrichment of ore at pH -8.0: yield 14.53%, gold content 13.3 g/t of flotation concentrate (after II repurification); total gold recovery in gravity-flotation concentrate with a yield of 21.57% and Au content of 20.87 g/t, the amount of gold in the flotation tailings is 0.72 g/t;

**Keywords:** gold, beneficiation, technological research, flotation, gravity, modeling, concentrate, tailings, extractions.

**Кіріспе.** Заманауи ғылыми-зерттеу мен байыту технологияларының үздіксіз дамуына, білім мен тәжірибе көлемі кеңейіп, аналитикалық және басқа зерттегіш аспаптық базасының жетілуіне байланысты тау-кен өндіру және байыту өнеркәсібі үздіксіз дамуда. Заманауи зерттеу жұмыстары тау-кен өндірісі болғаннан бері жүргізіліп келеді. Қазақстанда, Ресей Федерациясы-

ның аумағында да, Қытайдағы, Кореядағы, Бразилиядағы шетелдік ғылыми зерттеу орталықтарында жүргізілген ғылыми жұмыстардың орасан зор көлеміне қарамастан, оларды барынша кеннің құрамындағы пайдалы компонентті барынша бөліп алу үшін көптеген зерттеулер жүргізілді. Қазіргі таңда қиын байытылатын құрамында алтыны бар кендерден бағалы компоненттері

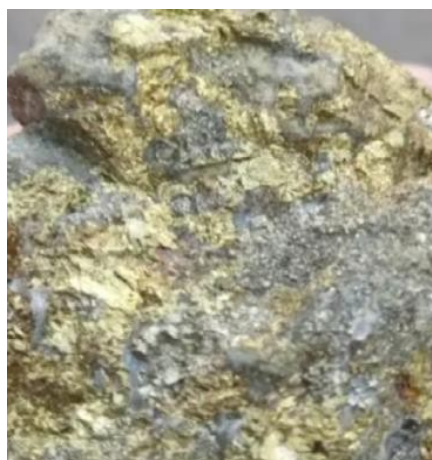


барынша бөліп алу барлық тау-кен, байыту және металлургиялық кешендерді дамыту үшін өте өзекті мәселе болып табылады. Зерттеудің мақсаты. Қиын байытылатын Васильков кенорнының кендерінің және байыту өнімдерінің технологиялық қасиеттерін зерттеу негізінде байытудың әдісі ретінде гравитациялық және флотациялық әдісін таңдау және оны негіздеу, үрдістің негізгі көрсеткіштерін анықтау болып табылады [1,2].

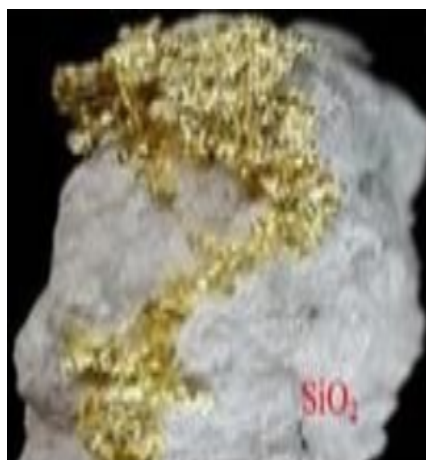
Жұмыстың өзектілігі. Бұл технология қиын байытылатын алтын құрамды кендерден құрамына асыл металдардан басқа барлық пайдалы компоненттерді комплексті түрде бөліп алу технологиялық байыту сұлбасын құру технологиялық тұрғыда ең маңыздыларының бірі деп санауға болады. Сондай-ақ жасалған технологиялық байыту сұлбасы экономикалық және экологиялық тұрғыда тиімді болуы керек. Сарапшылардың пікірінше қазіргі таңда заманауи ХХІ ғасырда алтын құрамды қиын байытылатын және күрделі кендерді пайдалануға кеңінен тарту арқылы әлемде алтын өндірудің негізгі тиімді және экологиялық, экономикалық технологиясын жасақтау және осы технологияны жетілдіруді қамтамасыз ету жоспарлануда.

Байыту фабрикаларының алдына қойылған мақсаттар мен міндеттерге жету үшін, әдетте, әртүрлі күрделі өңдеу схемалары қолданылады: гравитациялық-флотациялық, гравитациялық-металлургиялық және т.б. Пайдалы минералды шикізатты байытудың белгілі бір байыту технологиясын қолдану үшін әртүрлі факторларға байланысты – бөлшектердің пішіні, геометриялық өлшемдері, массасы, сулануы, минералдардың бір бірімен байланысы және т.б.

Сонымен қатар осы жұмыста өндірістік жағдайларда байыту тиімділігіне байланысты бастапқы шикізат ірілігінің әсері туралы зерттеулерді ұсынады. Жер қыртысындағы кездесетін алтынның химиялық инерттілігіне байланысты барлығы дерлік алтын табиғатта сап алтын күйде, атап айтқанда немесе басқада металл қоспаларымен кездеседі. Осы фактіні және осы металдың физикалық қасиеттерін ескере отырып, минералдарды бөлу үшін гравитациялық әдістерді қолдануға болады. Дегенмен, мұндай технологияны ұсақ бөлінген шикізат болған жағдайда пайдалану көбінесе құнды компоненттердің жоғары жоғалуымен және қоршаған ортаға теріс әсер етеді [1].



а–алтынның пириттегі



ә–алтынның кварцпен



б–алтынның пирит және арсенопиритпен

### 1-сурет- Алтынның әртүрлі фазалардағы микроқұрылымы

*Зерттеу объектісі.* Алтын құрамды Васильков кенорнының кендерінде негізгі миенралдар ретінде келесі минералдар кездеседі: арсени-

рит, пирит, пиротит, марказит, алтын, халькопирит, сфалерит, галенит, висмутин, молибденит, кубанит, борнит, тау-кен химиялық минерал-

дары ретінде: циркон, апатит, сфен, магнетит, ильменит, хромит, серицит, хлорит, калишпат, турмалин), кварц, карбонаты (сидерит, анкерит, кальцит), флюорит, барит. сппатит, ремагнетит, , ильменит, хромит, серицит, хлорит, калий дала шпаты, турмалин), кварц, карбонаттар (сидерит, анкерит, кальцит), флюорит, барит. Арсенопирит – негізгі кен минералы болып табылады. Кен 90%кварцтан тұрады. ал сульфидтер 3-тен 5%-ке дейін. Кенде сондай-ақ зиянды қоспа ретінде мышьяк бар оның үлесі 2% тен жоғары болуы мүмкін. Кенді минералдар (сульфидтер) пирит – 2,2%, арсенопирит – белгілер түрінде көрсетілді; халькопирит пен галенитте алтын сирек кезде-

сетін. Бұл кен орнының кені құрамында сульфидті, ал тотығу дәрежесі бойынша сульфидті болып келеді. Кеннің фазалық талдау қорытындысы бойынша 1) кенді алдын-ала байыту қолдануға болады; 2) -2,5 мм кеннің ірілігінде сап алтынның шығымы 30,12% көрсетті. Кеннің ірілігі кішірейген сайын –2,5мм (-0,074мм) ден 65% сап алтынның үлесі өсе береді 52,50ден 68,16% көруге болады. 1-суретте Васильков кендегі алтынның әртүрлі фазалардағы микроқұрылымы келтірілген. Елеуішті талдау арқылы кендегі алтынның темірдің және күкірттің гранулометриялық сипаттамасы 1-кесте көрсетілген.

**1-кесте. Кеннің - 2,5 мм ірілік класының гранулометриялық сипаттамасы бойынша алтынның, темірдің, күкірттің таралуы [2]**

Ірілік класы, мм	Шығым, %	Алтынның үлесі, г/т	Таралуы, %	Темірдің үлесі, %	Таралуы, %	Темірдің үлесі, %	Таралуы, %
2,5	6.5	8.0	7	11,64	33,18	2,73	32,68
-2,5+1.25	04.04	10.8	7.49	4,72	11,76	2,88	12,35
-1.25+0.8	23.52	7.2	30.11	6,24	5,72	2,69	5,72
-0.8+0.56	11.86	5.6	11.41	11,08	6,14	2,66	6,05
-0.56+0.40	8.0	7.6	10.50	7,06	11,28	3,45	12,53
-0.40+0.30	5.81	5.6	5.570	6,11	7,04	4,25	7,99
-0.30+0.20	6.54	5.2	5.88	17,54	6,1	4,35	6,52
-0.20+0.15	2.99	6.2	3.18	11,07	18,78	4,64	16,17
-0.15+0.1	4.38	4	2.99	5,62	33,18	2,73	32,68
-0.1+0.074	2.89	5.4	2.68	6,73	11,76	2,88	12,35
-0.074 еленген	3.78	4.8	3.14	5,77	5,72	2,79	5,72
-0.074седим	18.9	3.1	10.15	5,89	6,14	2,27	6,05
Всего	100	5.8	100	6.75	100	3.68	100

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеу объектісі болып алтынқұрамды Васильков кен орнының сынамалары қолданылды.

Зерттеулерді жүргізу үшін кен сынамасын стандартты әдістер бойынша алдымен ұсатып және орташа сынама алынды. Кен сынамасының массасы 12 кг болды.

Кеннің элементтік, фазалық және минералогиялық құрамын анықтау үшін келесідей физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды: рентгенфлуоресценциялық, рентгендифракциялық, микроскопиялық және химиялық. Рентгенфлуоресценциялық талдау әдісі SciAps X-50

аппаратымен, рентгендифракциялық талдау Pert MPDPRO (PANalytical) қондырғысымен, микроскопиялық талдау - Axio Scope.A1 қондырғысымен жүргізілді.

Кен сынамасының гранулометриялық құрамын анықтау үшін седиментациялық талдау әдісімен анықталды. Седиментациялық талдау сұйық орта ретінде су алынды. Ұсатылған фракциялардағы алтын мен негізгі элементтердің нақты құрамын білу үшін рационалды құрам есептелді, кен массасы 100 г болды. Әр фракциядағы алтынның мөлшері химиялық талдаумен анықталды. Кенді байыту гравитациялық әдіспен,

1-суреттегі сұлба бойынша жүргізілді [2,3].

Кеннің заттық құрамын зерттеу нәтижелері бойынша 65% -0,074 мм бөлшек мөлшеріне дейін ұсақталғанда алтынның жартысынан көбі (65,16%) бос күйінде болатынын көрсетті. Сондықтан бұл кенді өңдеу үшін гравитациялық байыту әдістерін қолдану тиімді екеін көрсетіп, атап айтқанда, отсадкалау машинасында, винтті бөлгіште және тазалау операциясы ретінде концентрациялау столында байыту ал кендегі ұсақ алтын түйіршіктерін (1,5%-ға дейін) бөліп алу үшін гидроконцентрат қолданды шығымдылығымен салыстырғанда басқа центрифугалық аппараттардан жоғары (1,5%-дан астам) болғанын көрсетті. Кен орнының кендегі бос сап алтынды бөліп алу үшін орталықтан тепкіш әдістерді қолдану мүмкіндігі анықталды. Гравитациялық әдістерді қолдана отырып, кеннің аралық мөлшерінде (65% -0,074 мм) бос алтын алу деңгейін кеңейтілген байыту сынақтарының нәтижелері бойынша бағаланды. Концентрат шығымының алтынның алынуына әсері концентратты үздіксіз түсіру

арқылы отсадкалау машинасындағы кен байыту-ды модельдеу нәтижелері бойынша анықталды. Жалпы алғанда, кен орнындағы кенді гравитациялық әдістермен байыту бойынша зерттеулердің сатысында келесі сынақтар жүргізілді:— 1-ші сынағы оның мақсаты ауырлық күшімен алынатын алтынның мөлшерін анықтау және ортадан тепкіш күш арқылы бөлініп алынатын гидроконцентраторды қолдану мүмкіндігін бағалау болды. 2-ші кен орнын байыту үшін концентрат шығымы төмен сепараторлар жүргізу әдістемесі бойынша кенді үш сатылы байытуды қолдану: бірінші кезеңде кеннің ірілігі -2,5 мм (1,9) мм, екіншіде – шамамен -0,4 мм, үшіншіде -0,2 мм. Гравитация байытудың нәтижелері 2-кестеде берілген.

Тәжірибе ортадан тепкіш гидроконцентраторларда байыту жүргізілді, әрбір сатыда сол сатыға сай кен ірілігі дәйекті түрде азайтылып отырды. Бастапқы кеннің ірілігі -2,5 ммден – 0,074 мм 26,99-65% ірілік аралығында зерттелді. Әр кезеңде 4 байыту операциясы орындалды (бірінші кезеңде – 2 операция).

2 – кесте Васильков алтынқұрамды кеннің химиялық құрамы

№	Элемент, қосылыс атауы	Химиялық формуласы, символы	Бағалы заттың үлесі, %
1	Кремний оксиді	SiO <sub>2</sub>	64,62
2	Алюминийоксиді	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,4
3	Кальцийоксиді	CaO	4,2
4	Магний оксиді	MgO	3,43
5	Темір жалпы	Fe <sub>жал</sub>	4,7
6	Күкірт жалпы	S <sub>жал</sub>	1,22
7	Сульфидті күкірт	Сульфид	1,18
8	Титан оксиді	TiO <sub>2</sub>	0,43
9	Мыс	Cu	0,24
10	Қорғасын	Pb	0,05
11	Мырыш	Zn	0,01
12	Мышьяк	As	2,22
13	Алтын, г/т	Au	3,2
14	Күміс г/т	Ag	2,1

Зерттеу объектісі болып алтынқұрамды Васильков кен орнының сынамалары табылды. Зерттеулерді жүргізу үшін кен үлгілері стандартты әдістер бойынша алдымен ұсақталды және орташа сынама алынды. Кен сынамасының

массасы 12 кг болды. Кеннің элементтік, фазалық және минералогиялық құрамын анықтау үшін келесідей физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды: рентгенфлуоресценциялық, рентгендифракциялық, микроскопиялық және химиялық.

Рентгенфлуоресценциялық талдау әдісі SciAps X-50 аппаратымен, рентгендифракциялық талдау Pert MPDPRO (PANalytical) қондырғысымен, микроскопиялық талдау - Axio Scope.A1 қондырғысымен жүргізілді. Кен үлгілерінің гранулометриялық құрамы седиментациялық талдау әдісімен анықталды. Седиментациялық талдауда сұйық орта ретінде су алынды. Ұсақталған фракциялардағы алтын мен негізгі элементтердің нақты құрамын білу үшін рационалды құрам есептелді, кен массасы 100 г болды. Әр фракциядағы алтынның мөлшері химиялық талдаумен анықталды. Кенді байыту гравитациялық әдіспен, 1-суреттегі сұлба бойынша жүргізілді.

**Нәтижелер мен талқылау.** Қиын байытылатын алтынқұрамды кеннен алтынды толығымен бөліп алу әдісін таңдау үшін алдымен кеннің сапалық және сандық талдауларының мәні негізгі көрсеткіштер болып табылады. Зерттеуде алдымен рентгенфлуоресценциялық және химиялық талдаулар көмегімен алдымен Васильков алтынқұрамды кеннің химиялық құрамы анықталды (2-кесте).

Рентгендифракциялық талдау нәтижесінде кеннің негізгі минералдары болып арсенопирит, пирит, пирротин, өте аз мөлшерде халькопирит, сфалерит, галенит, сфалерит, висмутин және т.б. бар екендігі табылды. Минералогиялық талдау бойынша Васильков кеноры үлгісінде сап алтын, сонымен қатар пирит, арсенопирит, аз мөлшерде халькопирит және висмутин, сондай-ақ мышьякпен бірге байланысқан түрде кездесетіндігі анықталды. Алтынның негізгі

массасы ұсақдисперсті, пішіндері дұрыс емес, алтын бөлшектерінің беті бос минералдармен жабылған. Мұндай «алтынтасушы» минералдардың болуы кеннің қиын байытылатын түріне жататындығын анықтайтын факторлар болып табылады [5, 6].

Алтынқұрамды кеннің химиялық талдауы көрсеткендей, сынамалардағы алтынның мөлшері оншалықты жоғары емес, небары 3,2 г/т тең болды. Сынаманың басым көп бөлігі кварц болып табылды және оның мөлшері 64,62%, ал алюминий оксидінің мөлшері шамамен 12,40 % құрады. Минералогиялық талдауға сәйкес алтынқұрамды кен сульфидті минералданған, орташа гранодиориттер құрамды болып табылды [5,6]. Кен сынамаларындағы алтынның кендегі кездесетін мөлшерін дәл анықтау үшін рационалды құрам есептелді. Нәтижелер 3-кестеде келтірілген.

Кенді рационалды талдау нәтижесі бойынша алтынның басым бөлігі, яғни 68,75 % мөлшері бос күйінде (1,8 г/т), шамамен бестен бір бөлігі арсенопиритпен, 21,87% - 2,1 г/т, он бестен бір бөлігі пиритпен (6,67 %, 0,64 г/т) ал қалғаны - тау жыныстары минералдарымен (2,71 % - 0,26 г/т) байланысқан түрде кездесетіндігі анықталды.

Ұсатылған кен сынамаларындағы алтынның әр ірілік класындағы таралу мөлшерін анықтау үшін химиялық (дисперсті) талдау жүргізілді. Нәтижелер 4-кестеде келтірілген [4].

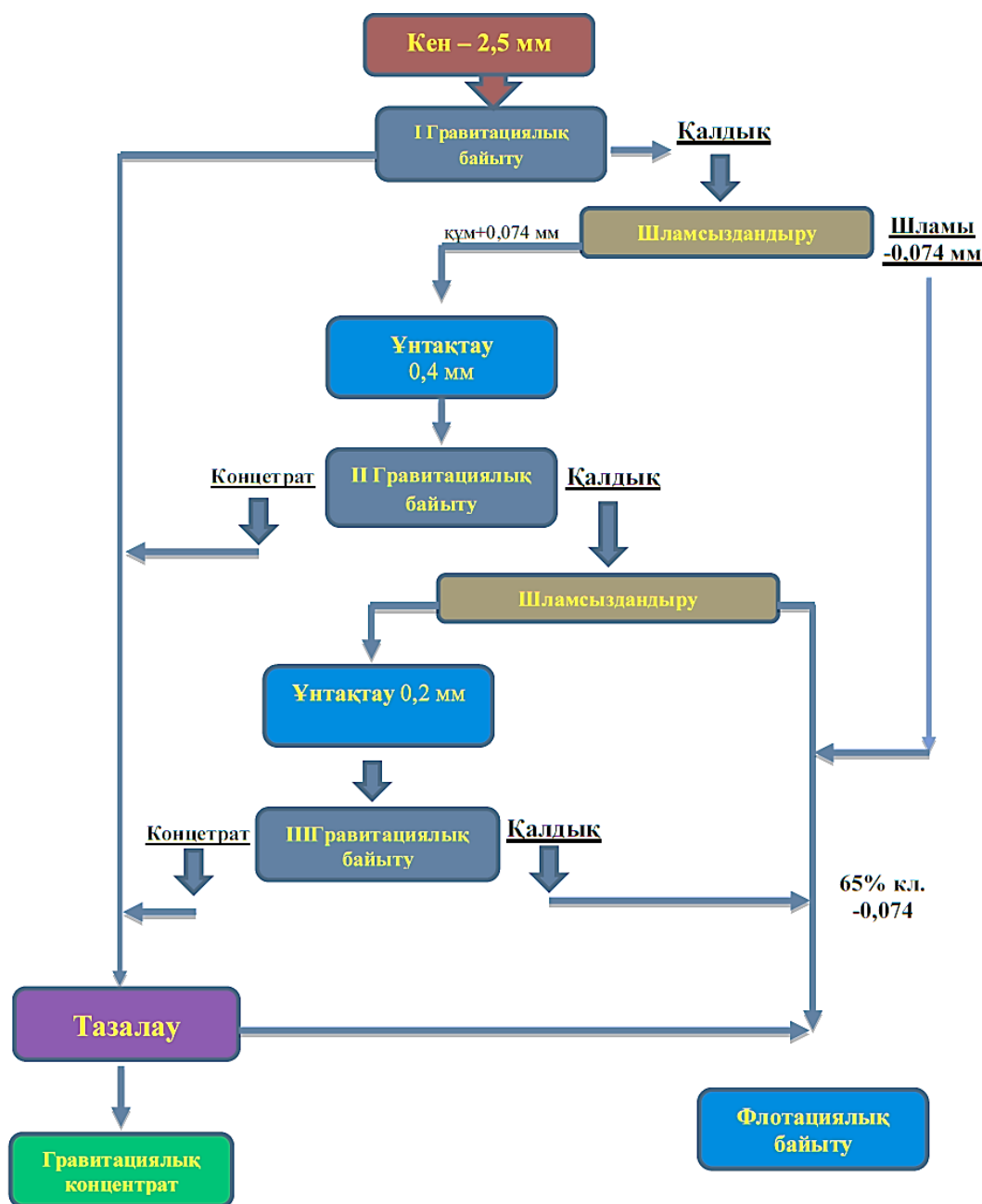
Зерттеулер нәтижесінде гравитациялық байыту әдісінің онтайлы байыту сұлбасы алынды 2-суретте келтірілген.

3 – кесте. Кендегі алтынның рационалды құрамы

№	Алтынның минералдармен бірлесу нысаны	Бағалы заттың үлесі, г/т	Таралуы, %
1	Сап алтын	1,81	68,75
2	Сульфидтер (арсенопиритпен) бірге	2,11	21,87
3	Сульфидтермен (пиритпен) байланысқан түрі	0,64	6,67
4	Тау жыныстарымен (кварц, доломит және т.б.) байланысқан түрі	0,26	2,71
	Барлығы	3,2	100

4 – кесте. Әр түрлі класс бойынша алтынның дисперстік талдауы

Классы, мкм	Шығым, %	Алтынның, бағалы заттың құрамы, г/т	Таралуы, %
60	24,63	1,8	41,7
-60+40	19,18	1,1	19,85
40+20	18,6	0,065	11,37
-20+0	37,59	0,5	27,08
Барлығы	100	3,2	100



2 – сурет. Алтынқұрамды кеннің гравитациялық байыту сұлбасы



## 5 – кесте. Васильков алтынқұрамды кенді үш сатылы гравитациялық байыту нәтижелері

Өнімнің аттары	Шығымы, %	Бағалы заттың пайыздық үлесі г/т	Бөліп алу дәрежесі,%
1 ші гравитациялық концентрат	2,11	22,1	14,57
Қалдық	97,89	2,39	85,43
2 ші гравитациялық концентрат	2,86	20,5	18,32
Қалдық	97,14	2	81,68
3-ші гравитациялық концентрат	2,07	25,2	16,3
Қалдық	97,93	2,4	83,7
Кен	100	3,2	100

Зерттеулердің барысында Васильков алтынқұрамды кенін байытудың тиімді технологиялық сұлбасы құрастырылды, алынған көрсеткіштер бойынша флотацияға жіберілетін қалдықта небары 2,4 г/т сап алтын бар, бұл бұрынғы байыту сұлбасымен салыстырғанда әлдеқайда төмен болды, демек барлық концентраттың шығымы 7.04%, ал алтынды бөліп алу дәрежесі 49.19 % көрсетеді. Бұл көрсеткіш дәстүрлі әдістермен алтынқұрамды кенді байыту көрсеткіштерінен 1,5 есеге көп екенін келтірілген. Кенді флотациялық байытудың технологиялық сынамасын зерттеу бастапқы кен және гравитациялық байыту әдісінің қалдықтарында жүргізілді.

Құрамында сульфидті алтын бар концентраты алу үшін оңтайлы флотация режимін әзірлеу мақсаты қойылды: кенді ұнтақтау мөлшері, реагент режимі, пульпа тығыздығы, флотация уақыты т.б. факторларды қолданып флотациялық байыту әдісін модельдеу арқылы оңтайлы технологиялық байыту сұлбасы табылды. Бастапқы кеннің ұнтақтаудың оңтайлы өлшемін анықтау үшін флотация үшін бастапқы кенді ұнтақтаудың оңтайлы ірілігін анықтау үшін бөлшектердің мөлшері –0,074 мм (70–95%) сынамаға бірқатар сынақтар жүргізілді ұнтақтау кинетикасы табылды. Зерттеудің бастапқы кезеңінде көбіктендіргіш ретінде С7 пайдаланылды жинағыш ретінде бутилді ксантогенат қолданылды. Флотация байыту әдісінде ортаның 08,04 табиғи деңгейінде жүргізілді. Негізгі, бақылау және тазалау флотациялық операциялары жүргізілді.Әрбір тәжірибедегі флотациялық байыту әдісінің нәтижелерін

бағалау үшін флотация процесінің тиімділігін сипаттайтын Хенкок критерийінің мәні есептелді.

Флотация кинетикасын зерттеу үшін көбіктендіргіш реагенттің түрі мен оңтайлы шығынын таңдау үшін кенді әртүрлі ірілікте ұнтақтап алып флотация жүргізілді. Көбіктендіргіш реагенттің бірнеше түрі (қарағай майы, Т-66 және Т-80 , С7 ) қолданылып соның ішінде С7көбіктендіргіш ретінде реагентті ретінде пайдаланылды. Жыйнағыш реагенттің шығымын, флотация уақыты және оңтайлы ірілікті математикалық модельдеу арқылы табылды.

Ұсынылған технологиялық сұлба бойынша талдау нәтижелері төмендегі 5-кестеде келтірілген.

Математикалық модельдеу арқылы флотациялық байыту әдісінің режимі:

-кенді ұнтақтау ірілігі 1-ші сатыда-75% класса-0.074 мм;

-кенді ұнтақтау ірілігі 1-ші сатыда-85% класса-0.074 мм;

- бутилдіксантогенаттың шығыны-150г/т;

-с-7 көбіктендіргіштің шығыны-70 г/т;

-мыс купоросының шығыны- 150 г/т;

-ортаны реттегіш реагентінің соданың шығыны-125 г/т;

-I негізгі флотацияның уақыты-15 мин;

-II негізгі флотацияның уақыты-10 мин;

-III негізгі флотацияның уақыты-15 мин;

Васильков кенішінің алтын құрамды кенін математикалық модельдеу және зерттеулер арқылы

флотациялық онтайлы байыту сұлбасы алынды 3-суретте келтірілген.

Көбікті концентратының шығыны, көбікті қабатының түрі эксперименталды түрде таңдалды. Қолданылатын флотациялық байыту процестерінің технологиялық тиімділігін бағалау үшін Луйкен-Хенкок формуласы қолданылды:

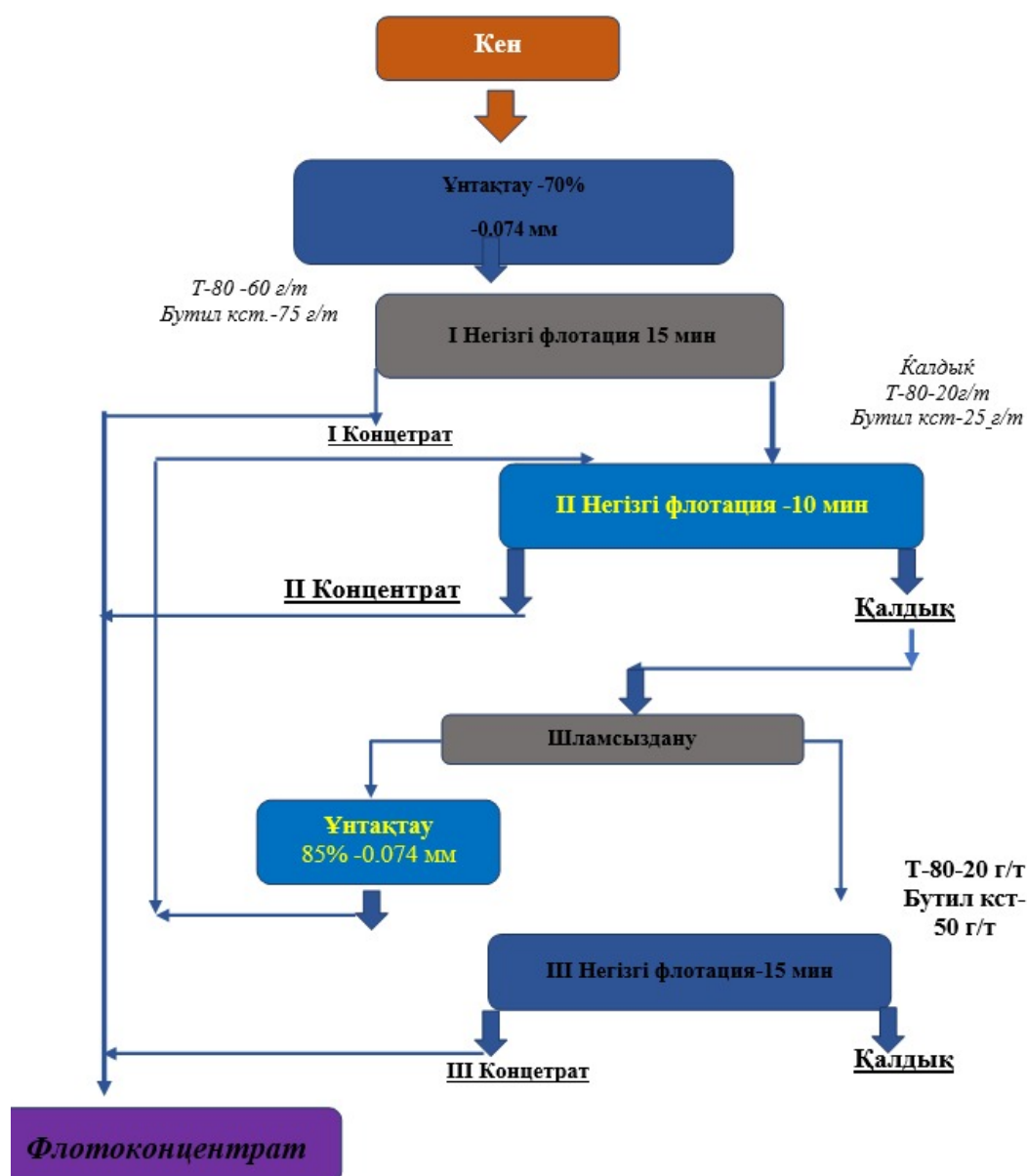
$$E = \frac{\gamma(\beta - \alpha)}{\alpha(1 - \alpha)},$$

мұндағы  $\alpha$  – бастапқы кендегі бағалы заттың

пайыздық үлесі;  $\beta$  - байытылған өнімдегі бағалы заттың пайыздық үлесі;  $\gamma$  - байытылған өнімнің шығымы.

Процесс  $E > 75\%$  болғанда өте тиімді,  $E > 50\%$  болса тиімді,  $E < 25\%$  болғанда тиімсіз болып саналады.

Алтын құрамды қиын байытылатын Васильковка кенорнының гравитациялық және флотациялық байыту әдстерін қолданылған технология бойынша байыту нәтижесі төмендегі кестеде келтірілген [8].



3-сурет. Алтын құрамды кеннің флотациялық байыту сұлбасы

**6 –кесте. Алтын құрамды қиын байытылатын Васильковск кенорнының гравитациялық және флотациялық байыту әдстерін қолданылған технология бойынша байыту нәтижесі**

Өнімдердің аты	Шығымы, %	Бағалы заттың пайыздық үлесі, г/т	Бөліп алу дәрежесі, %
Гравитациялық концентрат	07.04	20.2	49.19
Флотоконцентрат	14.53	13.3	43.88
Флотацияқалдығы	78.43	0.42	6.93
Кен	100	3.2	100

Тәжірибенің нәтижелері қиын байытылатын алтын құрамды кеннен флотациялық қалдықтарды алуға болатынын көрсетеді. Ол үшін кенді ұнтақтау мөлшері кемінде 85% -0.074 мм класты сатылы флотациялық байыту сұлбасын қажет екенін көрсетеді. 0,05 мм-ден аз. таза-лау операцияларын қолдану керектігін көрсетеді, флотациялық концентраттың шығымы 13,3 г/т алтынмен 14,53% құрады. Бұл жағдайда жалпы қалдықтың шығымы 78,43% бұндағы алтынның мөлшері 0,42 г/т флотациялық қалдық алынды. гравитациялық және флотациялық концентраттардың жалпы шығымы 21.57% алтынның орташа мөлшері г/т болғанда 16.8 құрады.

**Қорытынды.** Қазіргі таңда отандық және шетелдік кәсіпорындардың байыту фабрикаларының қолданылып отырған қиын байытылатын және баланстан тыс кендерді байытудың біріктірілген гравитациялық және флотациялық технологиялары кенді дайындаудың және байытудың заманауи сұлбаларын сондай-ақ реагенттердің кең спектрін пайдалана отырып байыту технологиясы әзірленді.

Технологиялар қолда бар реагенттер мен алтын құрамды қиын байытылатын кендерды, қарапайым және ұтымды техникалық шешімдерді пайдалана отырып, кендегі барлық пайдалы компоненттерді комплексті түрде бөліп алудың нақты деңгейін негіздей отырып, кенненмесе бастапқы шикізаттан сапалы тауарлық өнім алуға мүмкіндік берді.

Технологиялар мүмкіндік береді:

1)Қиын байытылатын алтынқұрамды кеннен

алтын және басқа пайдалы компонентті комплекскті түрде бөліп алуға;

2)жаңа кен орындарын игеруге ондағы бағалы металдар өндірісінің көлемін ұлғайту;

3) қолайлы экологиялық жағдайды қалпына келтіру.

Бастапқы алтынқұрамды қиын байытылатын Васильковск кенорнының кеніне гравитациялық және флотациялық байыту нәтижелері біріктірілген гравитациялық-флотациялық технологиялық сұлбаны қолданудың орындылығын көрсетеді.

Флотациялық ортаның рН мәнінде (қышқыл қоспай) гравитациялық-флотациялық сұлбаны қолдана отырып, бастапқы кенді байытуда тәжірибесінде келесі өнімдер алынды: гравитациялық концентраттың шығым 7.04% ондағы алтынның мөлшері 20.2 г/т флотациялық концентраттың шығымы 14.53% алтынның мөлшері 13.3 г/т және қалдықтың шығымғы 78.43% және алтын мөлшері 0.42 г/т.

Алғыс. Мақала 2024-2026 жылдарға арналған гранттық қаржыландыру шеңберінде АР23488914 «Табиғи және техногендік объектілердегі жұқа дисперсті алтынды сандық бағалау технологиясын әзірлеу және оны Қазақстан аумағында табу перспективаларын бағалау» жобасы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша жазылған, жоба жетекшісі, т.ғ.к., профессор М.Р.Шаутонов. Жоба тақырыбы бойынша зерттеулер Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылған.

1. Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурдонов А. Е.. Исследование обогатимости угбогосулфидных руд // Обогащение руд. -2020. -№ 1. DOI 10.17580/or.2020.01.03.
2. Пелих В. В., Салов В. М., Бурдонов А. Е., Лукьянов Н. Д. Применение Knelson CVD-технологии для обогащения золото-свинцовой руды // Обогащение руд. -2019. -№ 1. DOI 10.17580/or.2019.01.01.
3. Fedotov P.K., Senchenko A.K., Fedotov K., Burdonov A.E. Studies of enrichment of sulfide and oxidized ores of gold deposits of the Aldan shield // J. Mining Inst. -2020. -Vol. 242. -P. 218-227. DOI 10.31897/PMI.2020.2.218
4. Qin H., Guo X., Tian Q., Zhang L. Pyrite enhanced chlorination roasting and its efficacy in gold and silver recovery from gold tailing // Separ. Purific. Technol. -2020. -Vol. 250. –P. 117168. DOI 10.1016/j.seppur.2020.117168
5. Cho K., Kim H., Myung E., Purev O., Choi N. Park C. Recovery of gold from the refractory gold concentrate using microwave assisted leaching // Metals. -2020. -Vol. 10. –P. 571. DOI 10.3390/met10050571.
6. Santos N.T.D.G., Moraes L.F., Da Silva M.G.C., Vieira M.G.A. Recovery of gold through adsorption onto sericin and alginate particles chemically crosslinked by proanthocyanidins // J. Cleaner Product. - 2020. -Vol. 253. – P: 119925. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119925
7. Умарова И.К., Маткаримов С.Т., Махмарежабов Д.Б. Разработка технологии флотационного обогащения золотосодержащих руд месторождения Амантайтау. -Изд.дом: «Руда и металлы», 2020. -№. 2. -P. 29-33. DOI 10.17580/or.2020.02.05
8. Bulatovic S.M. Flotation behaviour of gold during processing of porphyry copper-gold ores and refractory gold-bearing sulphides // Miner. Eng. -1997. -Vol. 10. –P: 895-908. DOI 10.1016/s0892-6875(97)00072-1

### References

1. Fedotov P. K., Senchenko A. E., Fedotov K. V., Burdonov A. E.. Issledovanie obogatimosti ubogosulfidnyh rud // Obogashhenie rud. -2020. -№ 1. DOI 10.17580/or.2020.01.03. [in Russian]
2. Pelih V. V., Salov V. M., Burdonov A. E., Luk'janov N. D. Primenenie Knelson CVD-tehnologii dlja obogashhenija zoloto-svincovoj rudy // Obogashhenie rud. -2019. -№ 1. DOI 10.17580/or.2019.01.01. [in Russian]
3. Fedotov P.K., Senchenko A.K., Fedotov K., Burdonov A.E. Studies of enrichment of sulfide and oxidized ores of gold deposits of the Aldan shield // J. Mining Inst. -2020. -Vol. 242. -P. 218-227. DOI 10.31897/PMI.2020.2.218
4. Qin H., Guo X., Tian Q., Zhang L. Pyrite enhanced chlorination roasting and its efficacy in gold and silver recovery from gold tailing // Separ. Purific. Technol. -2020. -Vol. 250. –P. 117168. DOI 10.1016/j.seppur.2020.117168
5. Cho K., Kim H., Myung E., Purev O., Choi N. Park C. Recovery of gold from the refractory gold concentrate using microwave assisted leaching // Metals. -2020. -Vol. 10. –P. 571. DOI 10.3390/met10050571.
6. Santos N.T.D.G., Moraes L.F., Da Silva M.G.C., Vieira M.G.A. Recovery of gold through adsorption onto sericin and alginate particles chemically crosslinked by proanthocyanidins // J. Cleaner Product. - 2020. -Vol. 253. – P: 119925. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119925
7. Umarova I.K., Matkarimov S.T., Mahmarezhabov D.B. Razrabotka tehnologii flotacionnogo obogashhenija zolotosoderzhashhih rud mestorozhdenija Amantajtau. -Izd.dom: «Ruda i metally», 2020. -№. 2. -P. 29-33. DOI 10.17580/or.2020.02.05 [in Russian]

8. Bulatovic S.M. Flotation behaviour of gold during processing of porphyry copper-gold ores and refractory gold-bearing sulphides // Miner. Eng. -1997. -Vol. 10. –P: 895-908. DOI 10.1016/s0892-6875(97)00072-1

*Авторлар туралы мәлімет*

Асқарова Г.Е. -техника ғылымдарының магистрі, Satbayev University-дің PhD докторанты, e-mail: askarova\_guljan@mail.ru;

Бектұр Б. Қ.-PhD, Satbayev University-дің оқытушысы, КИИ ЖКИ зертханасының ғылыми қызметкері, bekturbek@bk.ru;  
Кеніштің Геомеханик АҚ Майкаинзолото

Шәутенев Меліс Рахымұлы, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University-дің профессоры, m.shautenov@mail.ru;

Бегалинов А. -техника ғылымдарының докторы, Satbayev University-дің профессор, a.begalinov@mail.ru.

*Information about the authors*

Askarova G.E. – doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: askarova\_guljan@mail.ru;


Bektur B.K. – Ph.D, art teacher, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bekturbek@bk.ru;

Shautenov M.R. – Candidate of Technical Sciences, Professor, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.shautenov@mail.ru;

A. Begalinov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.begalinov@mail.ru.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ ОСТАВЛЕННЫХ В ЗОНАХ ОБРУШЕНИЯ С МУЛЬДОЙ СДВИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «АННЕНСКАЯ» ВЖР

<sup>1</sup>И.Н.Савич, <sup>2</sup>Д.К. Бекбергенов , <sup>3</sup>А.А.Зейнуллин, <sup>4</sup>Р.К.Жанакоева, <sup>5</sup>А.С.Сейтепов, <sup>3,6</sup>Д.Д.Мейрам


<sup>1</sup>НИТУ МИСИС, Москва, Россия, <sup>2</sup>ИГД им.Д.А.Кунаева, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>АО «Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, Астана. Казахстан,

<sup>4</sup>Казахский автомобильно- дорожный института им. Л.Б. Гончарова, Алматы, Казахстан,

<sup>5</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

<sup>6</sup>Карагандинского технического университета им. А.Сагинова, Караганда, Казахстан


 Корреспондент-автор: kdbekbergen@mail.ru

В данной статье приведены результаты исследований геомеханической ситуации моделирования напряженно-деформированного состояния междукамерных целиков, оставленных в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения на шахте «Анненская» ВЖР. Горнотехническая и геомеханическая обстановка на шахтах ВЖР, и в том числе, на шахте «Анненская» весьма сложная, где требуются исследования в натуральных условиях и методом моделирования с учетом НДС по оценке и обоснованию оставшихся запасов, находящихся в сложных горнотехнических условиях в обрушенной зоне с мульдой сдвижения залежей Жезказганского месторождения. В этой связи, проведение научно-исследовательских работ обусловило необходимость отработки оставшихся запасов в наклонных залежах под углом 20° при разработке камерно-столбовой системой в указанных горнотехнических условиях.

Статья является результатом научных исследований с ТОО Корпорация «Казахмыс», выполненной в 2022 году под руководством Бекбергенова Д.К.

**Ключевые слова:** моделирование, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние горных пород, междукамерные целики, наклонные залежи, камерно-столбовая система, зона обрушения с мульдой сдвижения, горизонтальное и вертикальное смещение, предел прочности пород, шахта «Анненская» ВЖР

## MODELING OF THE GEOMECHANICAL SITUATION OF THE STRESS STATE OF INTERCHAMBER PILLARS LEFT IN THE COLLAPSING ZONES WITH A SHIFTING MOLD USING THE EXAMPLE OF THE ANNENSKAYA MINE OF THE EZhM

<sup>1</sup>I.N.Savich, <sup>2</sup>D.K.Bekbergenov , <sup>3</sup>A.A.Zeinullin, <sup>4</sup>R.K.Zhanakova, <sup>5</sup>A.S.Seitenov, <sup>3,6</sup>D.D.Meiram

<sup>1</sup>NUST MISIS, Moscow, Russia, <sup>2</sup>IGD named after D.A. Kunaev, Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>JSC Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana. Kazakhstan,

<sup>4</sup>Kazakh Automobile and Road Institute named after. L.B. Goncharova, Almaty, Kazakhstan,

<sup>5</sup>Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan,

<sup>6</sup>Karaganda Technical University named after. A. Saginova, Karaganda, Kazakhstan,  
e-mail: kdbekbergen@mail.ru

This article presents the results of studies of the geomechanical situation of modeling the stress-strain state of inter-chamber pillars left in the conditions of a collapsed zone with a displacement trough at the Annenskaya mine of the EZhM. The mining and geomechanical situation at the mines of the EZhM, including the Annenskaya mine, is very complex, which requires research in natural conditions and by the modeling method taking into account the stress-strain state to assess and justify the remaining reserves located in difficult mining conditions in the collapsed zone with a displacement trough of deposits of the Zhezkazgan deposit. In this regard, the implementation of research work necessitated the development of the remaining reserves in inclined deposits at an angle of 20° when developing a room and pillar system in the specified mining conditions.

The article is the result of scientific research with Kazakhmys Corporation LLP. completed in 2022 under the leadership of Bekbergenov D.K.

**Keywords:** modeling, finite element method, stress-strain state of rocks, inter-chamber pillars, inclined deposits, room-and-pillar system, collapse zone with displacement trough, horizontal and vertical displacement, ultimate strength of rocks, Annenskaya mine, EZhM

**СТРЕССТІҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН МОДЕЛЬДЕУ АЙМАҚТАРДА ҚАЛҒАН ПАЛАМАТАРАЛЫҚ ПИЛЕРЛЕРДІҢ ЖАҒДАЙЫ ОРЫН АСЫРУ САУДАСЫНЫҢ КОЛЛАПСЫ: ШАХТА МЫСАЛЫ «АННЕНСКАЯ» ШЖК**

<sup>1</sup>И.Н.Савич, <sup>2</sup>Д.К. БекбергенOV , <sup>3</sup>А.А.Зейнуллин, <sup>4</sup>Р.К.ЖанакOVA, <sup>5</sup>А.С.Сейтенов, <sup>3,6</sup>Д.Д.Мейрам

<sup>1</sup>НИТУ МИСИС, Москва, Россия, <sup>2</sup>А. Қонаев атындағы тау-кен ісі институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>АҚ «Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана. Қазақстан,

<sup>4</sup>Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автокөлік-жол институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>5</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>6</sup> Ә.Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,  
e-mail: kdbekbergen@mail.ru

Бұл мақалада ШЖК Анненская кенішіндегі ығысу шұңқыры бар құлаған аймақ жағдайында қалған камерааралық тіректердің кернеулі-деформациялық күйін модельдеу геомеханикалық жағдайын зерттеу нәтижелері берілген. ШЖК кеніштеріндегі, оның ішінде Анненская кенішіндегі тау-кен техникалық және геомеханикалық жағдай өте күрделі. Табиғи жағдайларда және ҚҚС ескере отырып модельдеу әдісімен зерттеу қажет, Жезқазған кен орнының кен орындарының ығысу науасы бар қараған аймақта қиын өндіру жағдайында орналасқан қалған қорларды бағалау және негіздеу. Осыған байланысты ғылыми-зерттеу жұмыстары берілген тау-кен жағдайында бөлме-баған жүйесін пайдалана отырып игерген кезде көлбеу кен орындарында қалған қорларды 20° бұрышпен игеруді қажет етті. Мақала «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-мен жүргізілген ғылыми зерттеулердің нәтижесі. БекбергенOV Д.К жетекшілігімен 2022 жылы аяқталды.

**Түйін сөздер:** модельдеу, шекті элементтер әдісі, тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйі, камерааралық тіректер, көлбеу шөгінділер, бөлме-бағаналық жүйе, ығысу науасы бар құлау аймағы, көлденең және тік жылжу, тау жыныстарының беріктігі, Анненская шахтасы ШЖК.

**Введение.** С начала отработки запасов пологих залежей Жезказганского месторождения практически ведется одной из самых высокопроизводительных систем – камерно-столбовой системой разработки с использованием самоходного оборудования на дизельном ходу.

По горнотехническим и геомеханическим условиям Анненского района до 80% запасов руды сосредоточены в наклонных и перекрывающихся залежах, рудные и породные массивы характеризуются повышенной трещиноватостью и водонасыщенностью [1-5].

Отработка Жезказганского месторождения в основном ведется камерно-столбовой системой разработки наряду с другими системами разработки для отработки наклонных участков, и ее доля составляет порядка 85%, а также освоена

технология повторной отработки целиков из открытого выработанного пространства с полевой подготовкой.

В пологих условиях Жезказганского месторождения традиционная камерно-столбовая система разработки эффективно применяется на медно-рудных залежах с мощностью от 5 м до 18 м, где отработка панели производится с оставлением МКЦ столбчатой формы по регулярной сетке 20 x 20 м (для пологих залежей) и 22 x 22 м (при наклонных залежах).

В соответствии с "Концепцией дальнейшей безопасной и эффективной отработки запасов Жезказганского месторождения в усложнившихся горно-геологических и горнотехнических условиях" [6,7], с целью дальнейшего обеспечения безопасных условий применения

камерно-столбовой системы разработки и снижения потерь в целиках, отработку запасов пологих залежей необходимо производить в две стадии: I стадия - выемка камерных запасов; II стадия - выемка целиков с обрушением налегающей толщи в отступающем порядке.

По данным ПО «Жезказганцветмет» распределение запасов Анненского района по глубине залегания и мощности, основная часть (78,5%) запасов сконцентрирована на горизонтах от +90 м до -90 м (глубина залегания 330- 510 м). Ниже залегают всего 8,5% запасов, а на верхних горизонтах - 19%. Наиболее продуктивными (мощными и богатыми) являются залежи на горизонтах от +90 м до -90 м. Геомеханические процессы, протекающие на Жезказганском месторождении (разрушение МКЦ, сдвигание горных пород, обрушение налегающей толщи с образованием провалов в земную поверхность, с техногенными землетрясениями) не есть что-то, присущее только Жезказгану, такие же процессы на всех рудниках, где в подобных горно-геологических условиях применяют камерно-столбовую систему разработки. При всех преимуществах, основными недостатками камерно-столбовой системы разработки являются значительные потери руды от 30% до 40%, а также накапливающиеся объемы пустот, которые приводят к осложнению технологии очистной выемки, саморазрушению целиков.

Основные трудности возникают в прогнозе поведения массива при извлечении целиков, установлении допустимых границ и рационального способа погашения выработанного пространства и порядка повторной разработки. Основой для такого прогноза является анализ полей напряжений и смещений в массиве горных пород, как в процессе первичной разработки, так и их изменений в ходе повторной разработки.

Изучение напряженного состояния массивов горных пород рядом авторов проводилось в Жезказгане методом разгрузки. Было установлено, что поле напряжений в массиве не стационарно, а изменяется во времени, анизотропно (в каждой точке горизонтальные напряжения не равны) и неоднородно, т.к. изменяется от точки к точке.

Установлено, что в Жезказгане максимальное горизонтальное напряжение изменяется от 97 до 12 МПа, т.е. более чем в 8 раз; максимальные горизонтальные напряжения субмеридиальные, минимальные - субширотного простирания.

Выемка целиков из открытого выработанного пространства требует строгого соблюдения технологии выемки МКЦ в устойчивом выработанном пространстве и запаса их прочности не менее  $1,2 \div 1,5$  с постоянным мониторингом состояния выработанного пространства с использованием региональной радиотелеметрической системы контроля сейсмических событий в режиме реального времени [8-10].

Выемка целиков через полевые выработки не требует повышенной устойчивости выработанного пространства. При данной технологии предусматривается отбойка руды из целика в зажиме обрушенных пород, заполнение камер породами кровли предусматривается отрезка целиков по верхнему основанию путем взрывания скважин, пробуренных через тело целика в кровлю на высоту  $1,5 \div 2,0$  м. Недостатком этого способа, при повторной отработке является большой объем горно-подготовительных работ до 90 м<sup>3</sup>/1000 т, и низкий уровень показателей извлечения: повышенные потери - до 45%, разубоживание руды до 25%.

При отработке рудных залежей, их мощность и площадь оказывают существенное влияние на характер и величину сдвигающих налегающих горных пород.

Общий объем образованных пустот по информации технического отдела ВЖР, на 01.01.2023 года составил: 85903,2 тыс. м<sup>3</sup> (100%), в т.ч. по шх. Анненская -11744,3 тыс. м<sup>3</sup>. Из них 2015,1 тыс. м<sup>3</sup> ослабленные, 1445,8 тыс. м<sup>3</sup> неустойчивые.

К ослабленным участкам по шахте «Анненская» относятся старые блоки 15-15юг, 22, 23-24 и 54, а также не устойчивые панели П-54 (частично обрушенные) и П-89бис.

Исходя из Заключения по анализу инцидента локального обрушения выработки на шахте 42 горизонта 315 ВЖР с выходом на поверхность

отмечено, что локальное обрушение произошло 9 сентября 2020 года без сейсмического проявления горного давления на участке по штреку 26 залежи Кр. 9 - II - III с выходом на поверхность и расширением границ обрушения на поверхности первые трое суток до  $2 \div 3$  м. При этом, площадь обрушения составляет  $140 \times 100$  м и повреждены водовод и коллекторные коммуникации на поверхности, расположенные в пределах «Коридора». Причиной обрушения по данному участку также является отрицательное влияние производственного процесса доработки оставшихся запасов из целиков с повторной отработкой при камерно-столбовой системе разработки.

Необходимо отметить, что горнотехническая и геомеханическая обстановка на шахтах ВЖР и в том числе, на шахте «Анненская» весьма сложная, где требуются исследования в натуральных условиях и методом моделирования с учетом НДС по оценке и обоснованию оставшихся запасов, находящихся в обрушенной зоне с сейсмической активностью в условиях мульды сдвижения залежей Жезказганского месторождения.

**Материалы и методы.** Моделирование геомеханической ситуации методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния МКЦ в наклонных залежах под углом  $20^\circ$  при повторной отработке запасов руд из МКЦ, оставленных в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения на примере шахты «Анненская» ВЖР.

Расчет НДС оставленных междукамерных целиков (МКЦ) при камерно-столбовой системе разработки реализован с применением метода конечных элементов в программе RS Examine2D. Данная программа двухмерного моделирования методом граничных элементов напряженно-деформированного состояния массива при подземной разработке в упругой постановке. Программа является интерактивной и простой в использовании, идеально подходит для осуществления быстрого параметрического анализа, предварительного проектирования, а также в качестве обучающего средства численному анализу напряжений в геотехнических задачах.

Для компоновки задачи напряженно-деформированного состояния МКЦ необходимо создать схематичную модель контура МКЦ в целом с проектными размерами параметров. Данная идея дает возможность увидеть состояния наряду с ортогональным и изометрическим стилями, представления проекций в целом системы разработки, в 3D AutoCAD создавая реалистичный стиль представления проекций объекта (рисунок 1). На рисунках 2 и 3 представлены соответственно схема модели из объемных конечных элементов (КЭ) с выделенным наклонным участком блока и схема расположения целиков в блоке согласно камерно-столбовой системе разработки в условиях наклонных залежей под углом  $20^\circ$ .

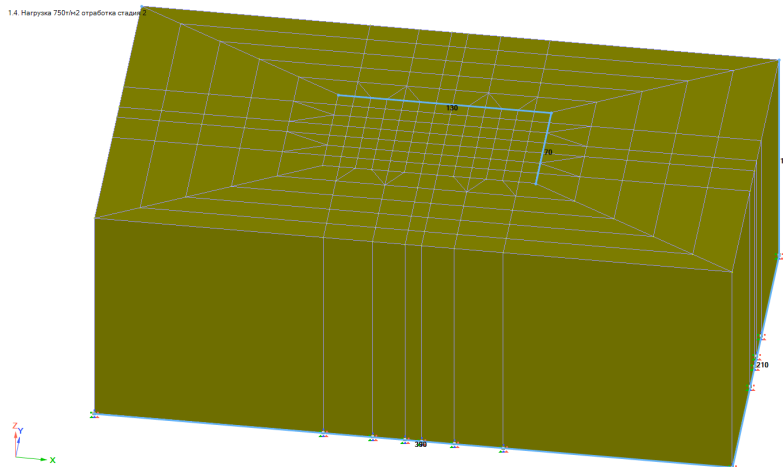


Рис. 1 - Расчетная модель с параметрами блока

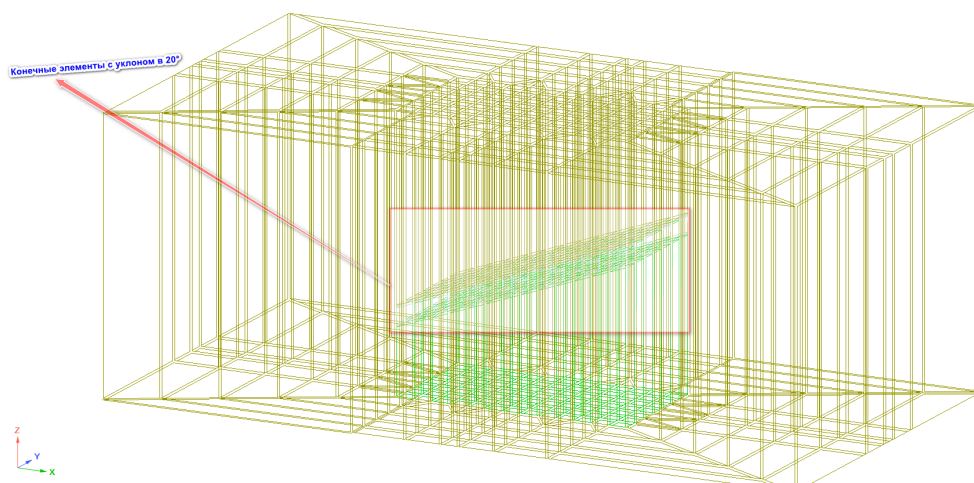


Рис. 2 – Схема модели из объемных конечных элементов (КЭ) с выделенным наклонным участком блока

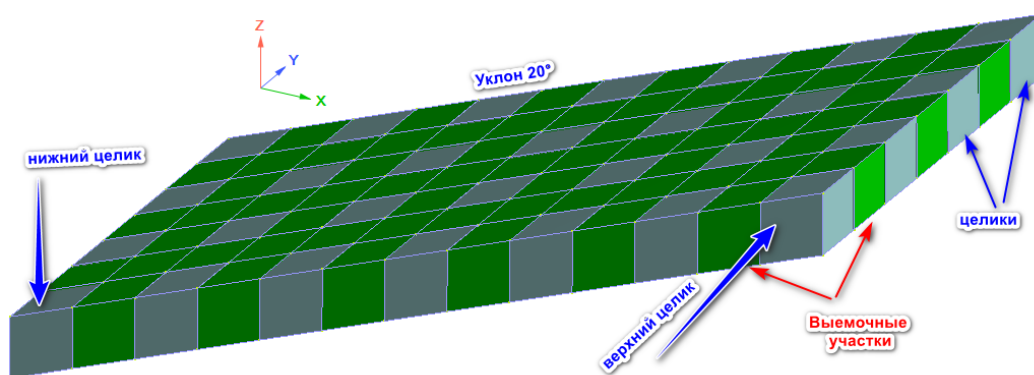


Рис. 3 - Схема расположения целиков в блоке согласно камерно-столбовой системе разработки в условиях наклонных залежей под углом  $20^{\circ}$

Пространственная схематическая модель представлена в форме куба, где интересующие исследуемые участки расчетной образуют единую систему. Схематическая модель состоит из 688 узлов и 413 объемных КЭ. Геометрические размеры расчетной КЭ модели составляют  $390 \times 210 \times 150$  в метрах. Размеры рассчитываемого блока  $120 \times 70 \times 150$  в метрах, где обрабатываемая часть рудного массива наклонная с уклоном  $20^{\circ}$ , целики которого приняты с размерами  $10 \times 10 \times 10$  м, с шагом по 10 м представленных на рисунках 2 и 3, где отражены общий вид с размерами расчетной модели.

Для серого рудного песчаника установлена закономерность изменения прочности при одноосном сжатии с ростом глубины разработки, и в

диапазоне глубин  $100 \div 400$  м прочность серого рудного песчаника увеличивается от 140 до 245 МПа, то есть в 1,7 раза, а также влияние зоны выветривания прослеживается до глубины 150 м [11,12].

Удельный вес вмещающих пород колеблется в пределах  $2,5 \div 2,6$  т/м<sup>3</sup>, руд (в зависимости от содержания полезного компонента – в пределах  $2,55 \div 2,8$  т/м<sup>3</sup>).

Наличие природной трещиноватости приводит к снижению прочности массива горных пород. Величина коэффициента структурного ослабления  $w$ , представляющего собой отношение прочности массива к прочности образца зависит от размера структурного блока -  $a$ , высоты обнаже-



ния целика ( $h = 8-10$  м) и диаметра целика ( $d = 10-12$  м), и колеблется в пределах  $0,3 \pm 0,7$ .

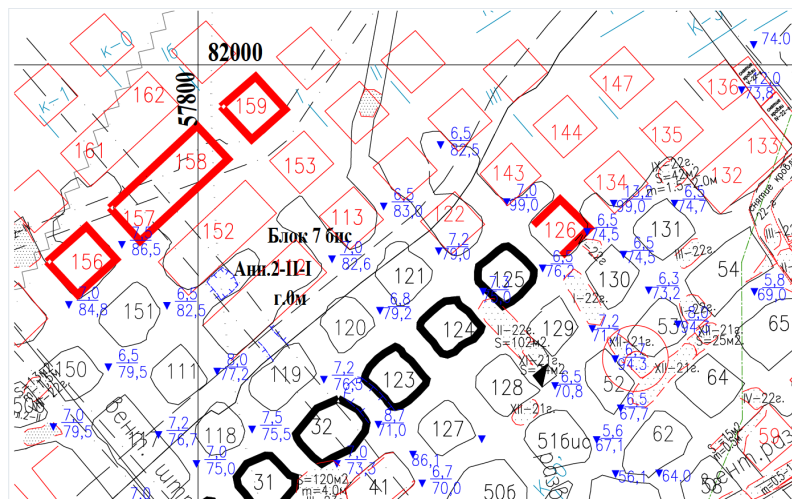
В качестве входных параметров для материалов КЭ приняты физико-механические характеристики пород, представленные в отчетах по Анненскому рудному полю Жезказганского месторождения (таблица 1).

Представленные расчетные модели являются основанием для предстоящих работ по исследованию стадийности и порядка отработки за-

пасов из МКЦ при повторной добыче отработанной камерно-столбовой системой, а также по определению устойчивости подземных геомеханических конструкций МКЦ при отработке запасов наклонных и крутопадающих блоков при камерно-столбовой системе разработки с учетом изменения мощности рудных тел и способствуют основой при отработке запасов из целиков и в зоне обрушений, большинство из которых локализуется на перекрывающихся залежах.

**Таблица 1 - Физико-механические свойства руд и вмещающих пород Жезказганского месторождения**

Тип породы	Предел прочности, МПа		Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона, доли единиц
	на сжатие	на растяжение				
Медная руда	140-230	10 – 18	25 – 30	35	3,2 – 4,5	0,20-0,22
Медно-свинцовая руда	160-240	10 - 18	30 - 34	35	5,0 – 6,5	0,18-0,21
Серый безрудный песчаник	160-245	8 - 11	25 - 34	35	4,5 – 6,5	0,18-0,22
Красный песчаник	80-120	2 – 4	20 – 25	30	3,9 – 4,2	0,20-0,22
Красный алевролит	30-60	2 – 4	18 – 20	30	3,2 – 4,0	0,22-0,25



**Рис. 4 - Расположение ряда целиков по блоку 7 бис Анн.2-II-I для исследования НДС**

**Результаты и обсуждение.** Расчетный анализ геомеханической ситуации напряженно-деформированного состояния МКЦ в очистном пространстве камерно-столбовой системой

оставленного в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения, на примере блока 7 бис Анн.2-II-I шахты «Анненская» ВЖР с применением метода конечных элементов.

Согласно отработки оставшихся запасов руд из МКЦ, находящихся в обрушенной зоне с сейсмической активностью в условиях мульды сдвижения залежей шахты «Анненская» ВЖР выбран блок 7 бис Анн.2-П-I для исследования напряженно-деформированного состояния следующего ряда целиков 156, 157, 158,159, 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 с применением метода конечных элементов в программе RS Examine 2D (рис. 4).

Детальное исследование напряженно-

деформированного состояния 156, 157, 158,159 целиков (рисунок 5) рассмотрено в программе RS Examine2D и выявлены следующие виды, представленные на рисунках 6 - 11.

Детальное исследование напряженно-деформированного состояния 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целиков (рисунок 12) рассмотрено в программе RS Examine2D и выявлены следующие виды, представленные на рисунках 13 - 18.

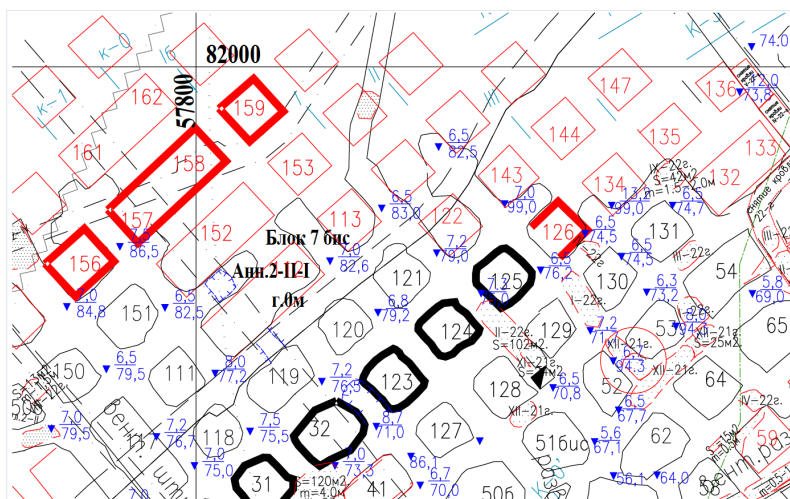


Рис. 5 - Расположение испытуемых целиков в блоке 7 бис (156,157,158, 159)

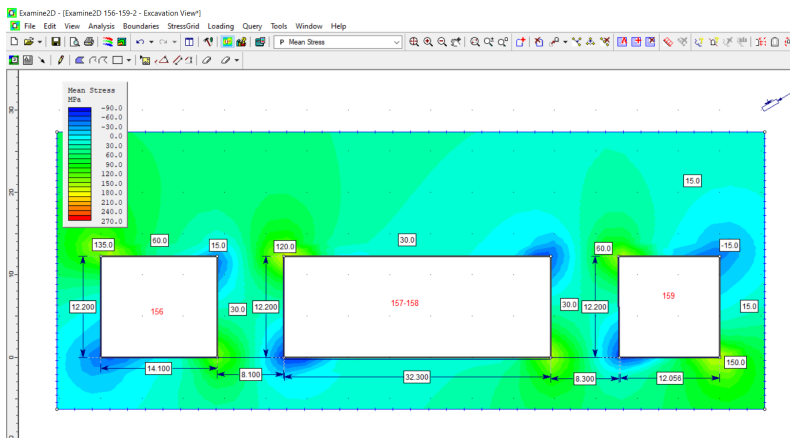


Рис. 6 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом вертикальной нагрузки (вид сверху)

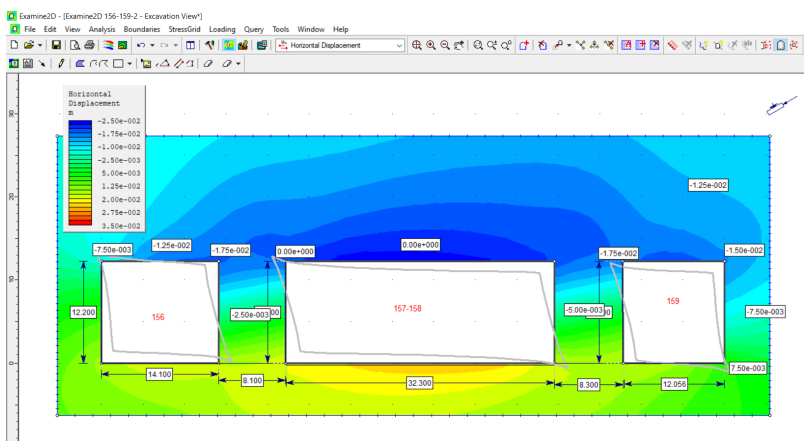


Рис. 7 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом горизонтального смещения (вид сверху)

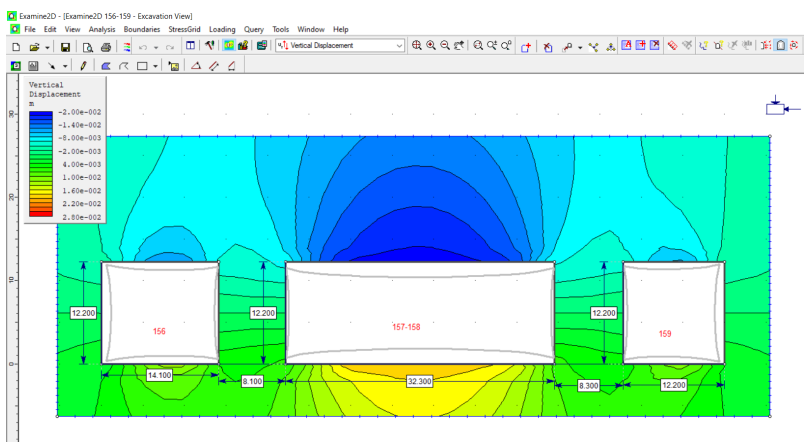


Рис. 8 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом вертикального смещения (вид сверху)

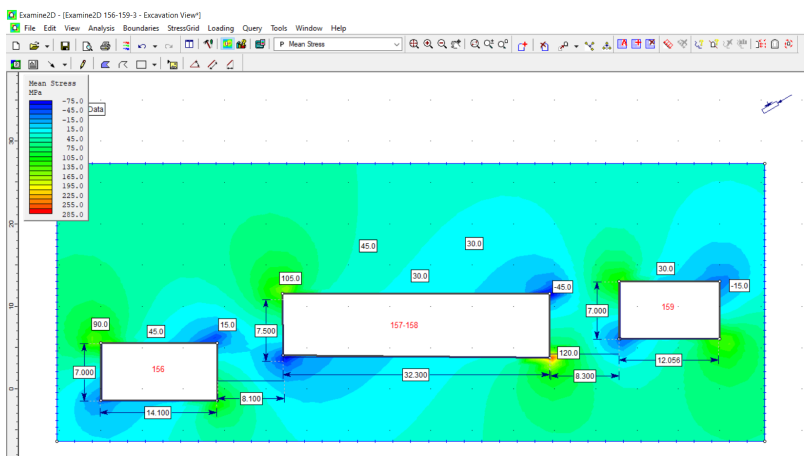


Рис. 9 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом вертикальной нагрузки (вид сбоку)

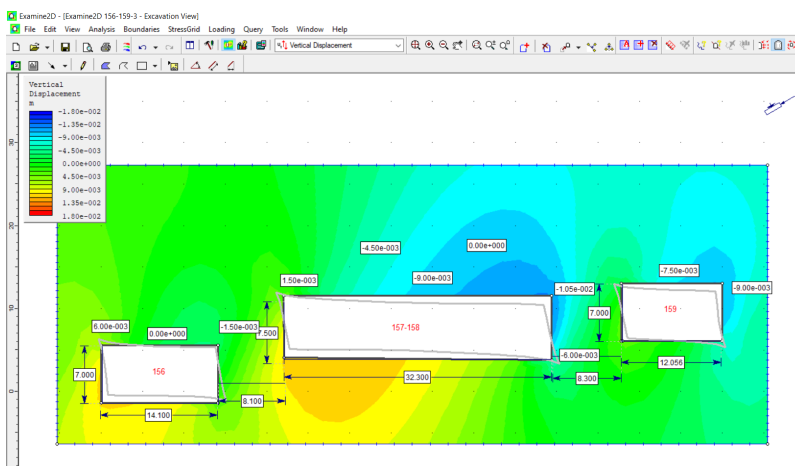


Рис. 10 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом вертикального смещения (вид сбоку)

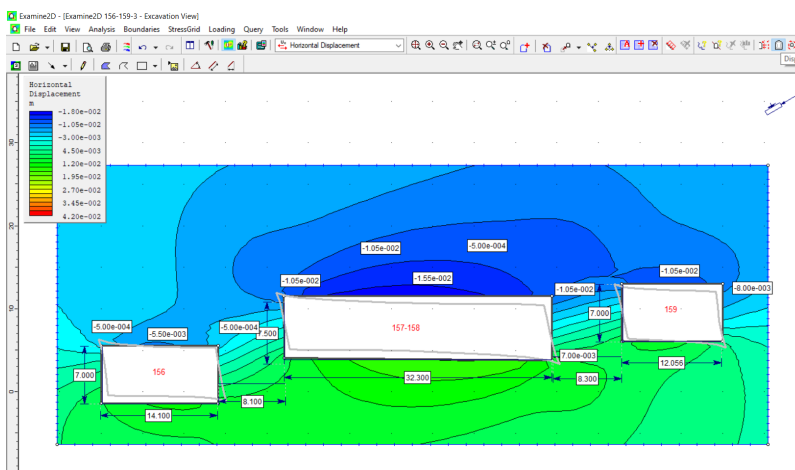


Рис. 11 - Напряженно-деформированное состояние на 156, 157, 158,159 целики, с учетом горизонтального смещения (вид сбоку)

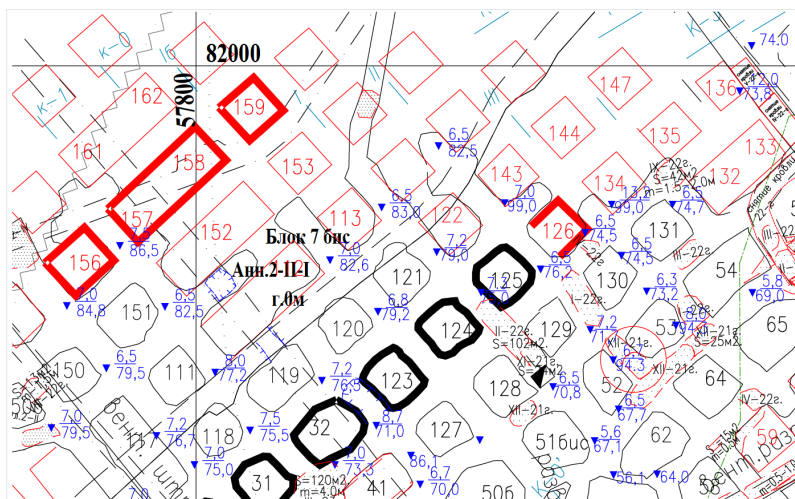


Рис. 12 - Расположение испытуемых целиков в блоке 7 бис (31-126)

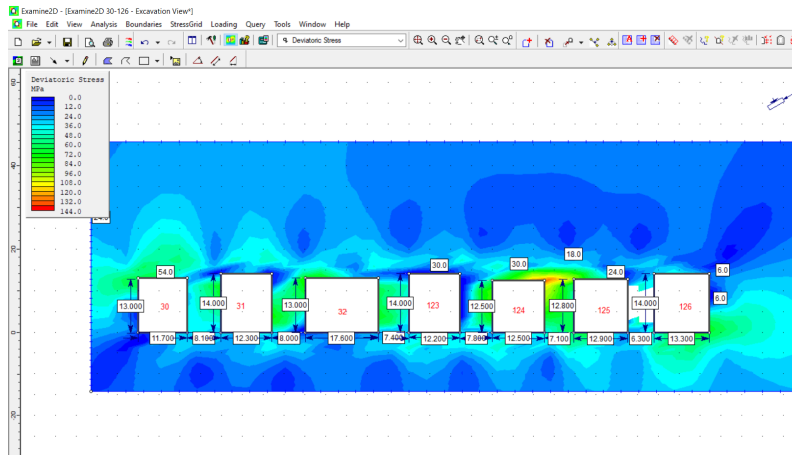


Рис. 13 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом вертикальной нагрузки (вид сверху)

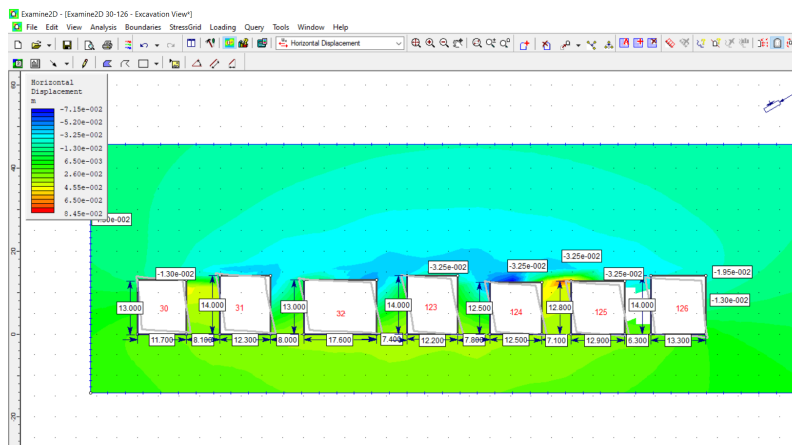


Рис. 14 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом вертикального смещения (вид сверху)

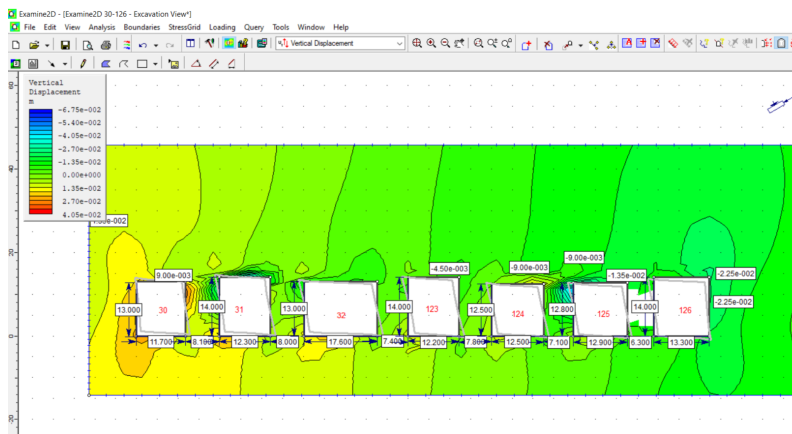


Рис. 15 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом горизонтального смещения (вид сверху)



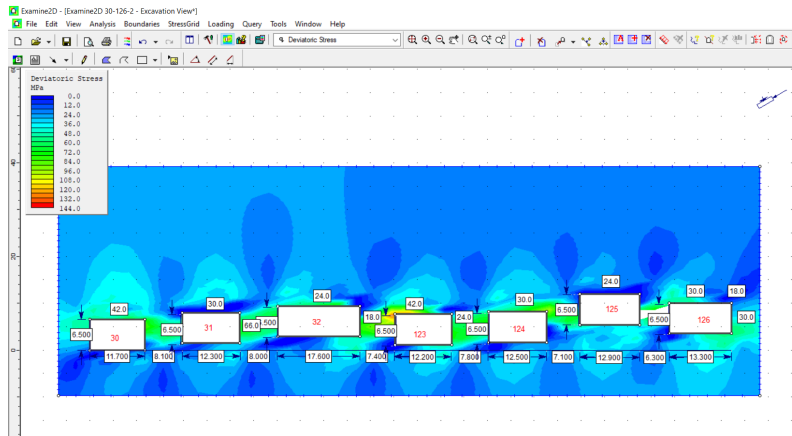


Рис. 16 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом вертикальной нагрузки (вид сбоку)

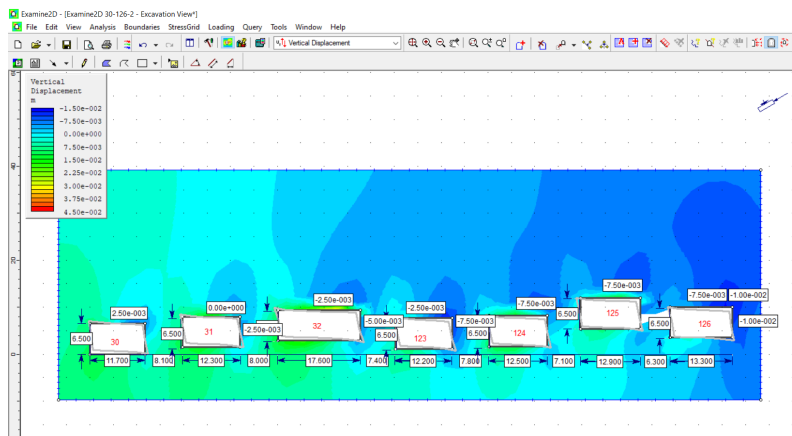


Рис. 17 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом вертикального смещения (вид сбоку)

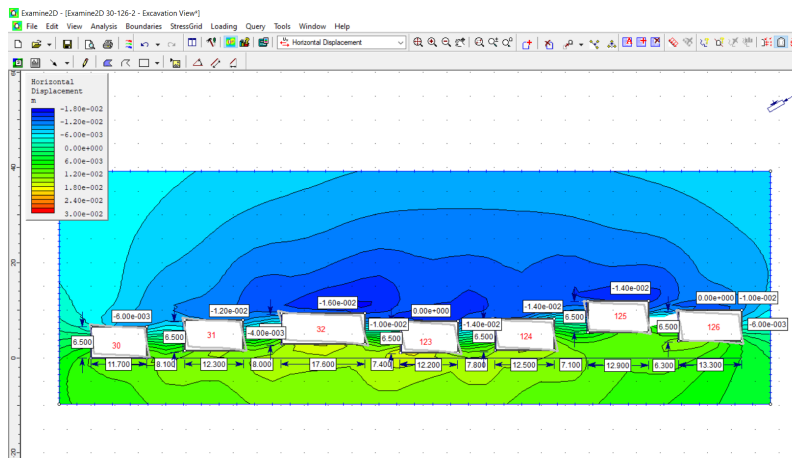


Рис. 18 - Напряженно-деформированное состояние на 30, 31, 32,123, 124, 125, 126 целики, с учетом горизонтального смещения (вид сбоку)

По результатам численного моделирования действующих напряжений был проведен расчет в соответствии свойствам для красноцветных пород, который включает:

- предел прочности на одноосное сжатие 85 МПа;

- предел прочности на растяжение 6,5 МПа.

Обрушения наклонной выработки проявляются в разы больше расположенных в вышележащих целиках (верхних целиках) и представлены на рисунках 13 - 18. По результатам расчетов на соответствующие нагрузки на МКЦ при глубине разработки 300, 400, 500, 600 метров проявляют-

ся деформации в виде вертикального смещения на целиках, влияющие на их несущую способность. К примеру, нагрузка равная  $750 \text{ т/м}^2$  при глубине разработки наклонных залежей  $H=300 \text{ м}$ , смещение массива в МКЦ высотой  $h=10 \text{ м}$  расчетное значение на нижних целиках равно 4,5 м, а в верхних целиках примерно 6,8 метров (таблица 1). Соответственно, разница в напряжениях и их перемещениях между верхними и нижними целиками равна до 50%. Максимальное перемещение различных нагрузок при выемке руды относительно глубины разработки показано в таблице 2.

**Таблица 2 - Максимальное перемещение различных нагрузок при выемке руды**

№	Глубина (м)	Давление $P=\gamma \cdot H$ $\gamma = 2.5 \text{ т/м}^3$	Максимальное перемещение по вертикали в (м) при выемке		Примечание
			на верхних целиках (м)	на нижних целиках (м)	
1	300	750 т/м <sup>2</sup>	-6,8	-4,5	Сильное обрушение верхних целиков, потеря целостности нижних целиков
2	400	1000 т/м <sup>2</sup>	-8,3	-5,4	Полное обрушение всех целиков
3	500	1250 т/м <sup>2</sup>	-9,8	-6,35	-
4	600	1500 т/м <sup>2</sup>	-11,4	-7,3	-

**Выводы.** Проведен расчетный анализ геомеханической ситуации напряженно-деформированного состояния оставленного МКЦ в очистном пространстве камерно-столбовой системы наклонных залежей под углом  $20^\circ$  с применением метода конечных элементов в условиях обрушенной зоны с мульдой сдвижения на примере шахты «Анненская» ВЖР:

- расчет вариантов систем разработки реализован с применением метода конечных элементов в программе RS Examine2D с двухмерным моделированием методом граничных элементов напряженно-деформированного состояния массива при подземной разработке в упругой постановке, где данная программа является интерактивной и простой в использовании, идеально подходит для осуществления быстрого

параметрического анализа для предварительного проектирования, а также в качестве обучающего средства численному анализу напряжений в геотехнических задачах;

- по результатам численного моделирования действующих напряжений был проведен расчет в соответствии свойствам для красноцветных пород, который составляет:

- предел прочности на одноосное сжатие 85 МПа;

- предел прочности на растяжение 6,5 МПа.

По результатам расчетов на соответствующие нагрузки на МКЦ при глубине разработки 300, 400, 500, 600 метров проявляются деформации в виде вертикального смещения на целиках, влияющие на их несущую способность.

## Литература

1. Технико-экономическое обоснование «Генеральный план разработки месторождения Жезказган», том 6, Предварительные исследования и предложения по направлениям разработки и порядку проведения подземных горных работ» (Пояснительная записка) П13-19/05, Головной проектный институт ТОО „Корпорация Казахмыс“, 2013. - 114 с.
2. Методические рекомендации по подземной отработке запасов пологих и наклонных рудных залежей жезказганского месторождения, в том числе в районах, примыкающих к ослабленным и обрушенным участкам. ИГД им. Д.А. Кунаева» ПО ”Жезказганцветмет» ТОО ”Корпорация Казахмыс». Алматы – Жезказган, 2010. - 122 с.
3. Презентационный доклад генерального директора Государственной горнодобывающей компании ТОО «Корпорация Казахмыс» Кыркпышева Б. // IV международная научно-практическая конференция «Геотехника-2013»: Проблемы и пути инновационного развития горной промышленности. - Алматы. – 2013.
4. Итоговый отчет за 2022 год по теме НИР «Исследование соответствия определения параметров и системы разработки в условиях шахты „Анненская“ Восточно-Жезказганского рудника». Руководитель проекта Бекбергенов Д.К., ТОО «КазНИИЦветмет». Алматы, 2022. - 347 с.
5. Руководство по проектированию разработки наклонных залежей Жезказганского месторождения. Корпорация «Казахмыс», «ЖезказганНИПИцветмет», ИГД им. Д.А. Кунаева, 2002.- 50 с.
6. Аханов Т.М. Создание высокоэффективных технологий разработки месторождений в условиях подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс» // Горный журнал Казахстана.-2009, № 11.- С.26-30
7. Герасименко В.И., Макаров А.Б., Зотеев О.В. Анализ геомеханического состояния выработанных пространств Жезказганского месторождения. Часть 1. ГГУ ТОО «Корпорация Казахмыс», Караганда-Жезказган, 2010. - 52 с.
8. Аханов Т.М., Прокушев Г.А. Технология разработки Жезказганского месторождения, состояние и перспективы развития. Горный журнал Казахстана, №1(57), 2010. - с.12-17
9. Бекбергенов Д.К. О повторной подземной отработке технологии с самообрушением руды с высокой полнотой извлечения запасов на обрушенных и ослабленных участках Жезказгана // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы», посвященной 100-летию со дня рождения академика Байконурова Омирхана Аймаганбетовича, 11-12 октября 2012 г., КазНТУ. - Алматы. - 2012. - С. 52-55
10. Методы определения размеров несущих колонн и перекрытий. Москва: Изд. АН СССР, 1962. - 199 с.
11. Ковальчук О.А., Колесников А.В., Русанова Е.М. Введение в программный комплекс ЛИРА 10.4. учебное пособие. Москва, 2015 г. -185 с.
12. Либерман Ю.М., Гомес Ц. Метод определения давления на целик при разработке изолированными панелями. В сб. ”Физико-механические свойства, давление и разрушение горных пород”, М., АН СССР, 1962.- С. 133 - 140

## References

1. Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie «General' nyj plan razrabotki mestorozhdenija Zhezkazgan», tom 6, Predvaritel' nye issledovaniya i predlozheniya po napravlenijam razrabotki i porjadku provedeniya

podzemnyh gornyh rabot» (Pojasnitel' naja zapiska) P13-19/05, Golovnoj proektnyj institut TOO „Korporacija Kazahmys“, 2013. - 114 s. [Russian]

2. Metodicheskie rekomendacii po podzemnoj otrabotke zapasov pologih i naklonnyh rudnyh zalezhej zhezkazganskogo mestorozhdenija, v tom chisle v rajonah, primykajushhih k oslablennym i obrushennym uchastkam. IGD im. D.A. Kunaeva» PO "Zhezkazgancvetmet» TOO "Korporacija Kazahmys». Almaty – Zhezkazgan, 2010. - 122 s. [Russian]

3. Prezentacionnyj doklad general' nogo direktora Gosudarstvennoj gornodobyvajushhej kompanii TOO «Korporacija Kazahmys» Kyrkpysheva B. // IV mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Geotehnika-2013»: Problemy i puti innovacionnogo razvitiya gornoj promyshlennosti. - Almaty.- 2013. [Russian]

4. Itogovyj otchet za 2022 god po teme NIR «Issledovanie sootvetstviya opredelenija parametrov i sistemy razrabotki v usloviyah shahty „Annenskaja“ Vostochno-Zhezkazganskogo rudnika». Rukovoditel' proekta Bekbergenov D.K., TOO «KazNIICvetmet». Almaty, 2022. - 347 s. [Russian]

5. Rukovodstvo po proektirovaniju razrabotki naklonnyh zalezhej Zhezkazganskogo mestorozhdenija. Korporacija «Kazahmys», «ZhezkazganNIPICvetmet», IGD im. D.A. Kunaeva, 2002.- 50 s. [Russian]

6. Ahanov T.M. Sozdanie vysokoeffektivnyh tehnologij razrabotki mestorozhdenij v usloviyah podzemnyh rudnikov TOO «Korporacija Kazahmys» // Gornyj zhurnal Kazahstana.-2009, № 11.- S.26-30. [Russian]

7. Gerasimenko V.I., Makarov A.B., Zoteev O.V. Analiz geomehaničeskogo sostojanija vyrabotannyh prostranstv Zhezkazganskogo mestorozhdenija. Chast' 1. GGU TOO «Korporacija Kazahmys», Karaganda-Zhezkazgan, 2010. - 52 s. [Russian]

8. Ahanov T.M., Prokushev G.A. Tehnologija razrabotki Zhezkazganskogo mestorozhdenija, sostojanie i perspektivy razvitiya. Gornyj zhurnal Kazahstana, №1(57), 2010. - s.12-17. [Russian]

9. Bekbergenov D.K. O povtornoj podzemnoj otrabotke tehnologii s samoobrucheniem rudy s vysokoj polnotoj izvlečenija zapasov na obrushennyh i oslablennyh uchastkah Zhezkazgana // Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Gornoe delo i metallurgija v Kazahstane. Sostojanie i perspektivy», posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija akademika Bajkonurova Omirhana

Ajmaganbetovicha, 11-12 oktjabrja 2012 g., KazNTU. - Almaty. - 2012. - S. 52-55. [Russian]

10. Metody opredelenija razmerov nesushhih kolonn i perekrytij. Moskva: Izd. AN SSSR, 1962. - 199 s. [Russian]

11. Koval' chuk O.A., Kolesnikov A.V., Rusanova E.M. Vvedenie v programmnyj kompleks LIRA 10.4. uchebnoe posobie. Moskva, 2015 g. -185 s. [Russian]

12. Liberman Ju.M., Gomes C. Metod opredelenija davlenija na celik pri razrabotke izolirovannyimi paneljami. V sb."Fiziko-mehaničeskie svojstva, davlenie i razrushenie gornyh porod", M., AN SSSR, 1962.- S. 133 -140. [Russian]

#### *Сведения об авторах*

Савич И.Н.- доктор технических наук, профессоркафедры геотехнологии освоения недр НИТУ МИСИС, Москва, Россия, e-mail: trg\_msmu@mail.ru;

Бекберенов Д.К.-кандидат технических наук, заведующий лабораторией «Комплексное освоение недр», Института горного дела имени Д.А.Кунаева, Алматы, Казахстан, e-mail: kdbekbergen@mail.ru;

Зейнуллин А.А. – д.т.н., профессор, АО «Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова», Астана, Казахстан, e-mail: karim\_57@mail.ru;

Жанакова Р.К. - доктор PhD ассоциированный профессор Казахского автомобильно- дорожного института имени Л.Б. Гончарова, e-mail: zhanakova\_raisa@mail.ru;

Сейтенов А.С. - докторант Евразийского национального университета им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

e-mail:altynbekss@gmail.com;

Мейрам Д.Д.- докторант Карагандинского технического университета им. А.Сагинова, АО «Казакский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова» Караганда, Астана, Казахстан,

e-mail: diana\_meiram@mail.ru

***Information about the author***

Savich I.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geotechnology of Subsoil Development NUST MISIS, Moscow, Russia, e-mail: tpr\_msmu@mail.ru;

Bekbergenov D.K. – candidate of technical sciences, head of the laboratory “Complex development of subsoil”, Institute of Mining named after D.A. Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kdbekbergen@mail.ru;

Zeinullin A.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, , Astana, Kazakhstan, e-mail: karim\_57@mail.ru

Zhanakova R.K. - Doctor PhD Associate Professor of the Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharova, e-mail:zhanakova\_raisa@mail.ru;

Seitenov A.S. - doctoral student of the Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: altynbekss@gmail.com

Meiram D.D. - doctoral student of A. Saginov Karaganda Technical University, JSC Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Karaganda Astana, Kazakhstan,e-mail: diana\_meiram@mail.ru



## МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫН КЕШЕНДІ ИГЕРУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ Б.М. Нұранбаева

Caspian University, Алматы, Қазақстан

✉ Corresponding-author: bulbulmold@mail.ru

Қарастырылып отырған мақала қабаттан құрамында ванадий бар мұнайдың қалдық қорларын алу мәселесіне және сұйық ортадағы ванадий иондарымен отандық редоксполимерлердің өзара әрекет ету үрдістеріне арналған.

Мұнай және газ кен орындарын игеру және пайдалану тәсілдерін тиімділігін талдау, Қазақстан аумағында өндірудің тиімді технологиясын пайдалану және мұнайдан ванадий қабаттарынан мұнай өндіру қарқындылығы мен мұнайбергіштік коэффициентін арттыру болып табылады. Мұнай мен мұнай өнімдерінен ілеспе-өндірілетін ванадий, сонымен қатар, газ кен орындарын әзірлеу кезінде газды (гелий және т.б.) алудың инновациялық тәсілі ұсынылған, бұл әдіс мұнай-газ саласына отандық редоксполимерлер негізінде мұнай мен мұнай өнімдерінен ванадий мен басқа да металдарды алу үшін сорбциялық процестерді, сондай-ақ, газдарды бөлу кезінде мембраналық технологияны енгізу, бұл мұнай және газ кен орындарын кешенді игеру талаптарына сәйкес, мұнай газының сапасын және оны өндіру орнынан тұтынушыға дейін тасымалдау тиімділігін арттыру.

Мақалада қарастырылған талдау іске асыру қалдықтарды кәдеге жарату бойынша қазіргі заманның бірқатар табиғат қорғау міндеттерін шешуге, республиканың мұнай өндіру және мұнай өңдеу өңірлеріне техногендік экологиялық жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** кен орын, пайдалы қазбалар, талдау, технологиялық сұлба.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Б.М. Нұранбаева

Caspian University, Алматы, Казахстан,  
e-mail: bulbulmold@mail.ru

Рассматриваемая статья посвящена проблеме извлечения остаточных запасов ванадийсодержащей нефти из пласта и процессам взаимодействия отечественных редоксполимеров с ионами ванадия в жидких средах.

Анализ эффективности методов разработки и эксплуатации месторождений нефти и газа, использования эффективной технологии добычи на территории Казахстана и повышения интенсивности добычи нефти из ванадиевых пластов и коэффициента нефтеотдачи. Предложен инновационный способ к получению попутно добываемого ванадия из нефти и нефтепродуктов, а также газа (гелия и др.) при разработке газовых месторождений, способ которого заключается в внедрении в нефтегазовую отрасль сорбционных процессов для извлечения ванадия и других металлов из нефти и нефтепродуктов на основе отечественных редоксполимеров, а также мембранной технологии при разделении газов это в соответствии с требованиями комплексного освоения нефтегазовых месторождений, повышения качества нефтяного газа и эффективности его транспортировки от места добычи к потребителю.

Реализация рассмотренного в статье анализа позволит решить ряд современных природоохранных задач по утилизации отходов, снизить техногенную экологическую нагрузку на нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие регионы республики.

**Ключевые слова:** месторождение, полезные ископаемые, анализ, технологическая схема.

## ANALYSING THE EFFICIENCY OF INTEGRATED DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

B. Nuranbayeva

Caspian University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: bulbulmold@mail.ru

The article is devoted to the problem of extraction of residual reserves of vanadium-containing oil from the reservoir and the processes of interaction of domestic redoxpolymer with vanadium ions in liquid media.

Analysis of the efficiency of methods of development and operation of oil and gas fields, the use of effective production technology in Kazakhstan and increase the intensity of oil production from vanadium-bearing formations and oil recovery factor. An innovative method to obtain associated vanadium from oil and oil products, as well as gas (helium, etc.) in the development of gas fields is proposed. The method consists in introducing into the oil and gas industry sorption processes for the extraction of vanadium and other metals from oil and oil products on the basis of domestic redoxpolymers, as well as membrane technology in the separation of gases it is in accordance with the requirements of integrated development of oil and gas fields, improving the quality of oil gas and the efficiency of its transmission to the oil and gas industry.

Realisation of the analysis considered in the article will allow to solve a number of modern environmental protection tasks on waste utilisation, to reduce technogenic ecological load on oil producing and oil refining regions of the republic.

**Keywords:** field, minerals, analysis, process flowchart.

**Кіріспе.** Әлемнің индустриалды дамыған елдерінде мұнай және мұнай өнімдерін тұтынудың өсуі олардың бағасының тез өсуіне және тұрақсыздығына әкелді, ал мұнайдың салыстырмалы түрде шектеулі қоры ғалымдарды өндіру мен тұтыну саласына әлі қатыспаған көмірсутек шикізатының жаңа үнемді көздерін іздеуге мәжбүр етеді [1,2].

Автор [3] мұнай-газ саласындағы шолу ағымдағы әдебиеттердегі және одан әрі зерттеу мен зерттеуді қажет ететін салалардағы елеулі олқылықтарды, атап айтқанда, жеткізу тізбегіндегі тұрақтылықтың экологиялық, әлеуметтік және экономикалық өлшемдерінің өзара байланысын қарастыратын кешенді негіздің жоқтығын көрсетеді.

Автор [4] ғалымдар зерттеу мен практиктерге мұнай-газ саласындағы жеткізу тізбегін тұрақты басқарудың кешенді перспективасын береді деп күтілуде, яғни зерттеушілер болашақта саланы тереңірек түсінуге ықпал етеді.

Дәстүрлі мұнай қорларының шектелуі, мұнайды тұтынудың жоғары қарқыны және мұнай шикізаты бағасының өсуі көмірсутек шикіза-

тының баламалы көздерін іздеуді қажет етеді. Батыс Қазақстанда 120 м-ге дейінгі тереңдікте 1 млрд. тоннадан астам табиғи битумдар немесе 15-20 млрд. тоннадан астам мұнай-битуминозды жыныстар жатыр деген болжам бар. Осыған байланысты табиғи битумдардың және тұтқырлығы жоғары мұнайлардың көптеген қабаттары мен көкжиектері барлық жерде және үлкен тереңдікте кездеседі.

Қазақстанның мұнай өндіру өнеркәсібінің қазіргі заманғы дамуы мұнай қорлары құрылымының нашарлауымен сипатталады. Өндірудің тиімділігіне қабаттардың мұнай өндірісін арттырудың жаңа технологияларын қолданған жағдайда ғана қол жеткізуге болатын қиын қорлар барған сайын арта бастады. Қазіргі жағдайда қиын алынатын қорлардың рөлі едәуір артып келеді, өйткені Қазақстанның игеріліп жатқан кен орындарында мұнай бергіштіктің тек бір пайызға артуы бойынша 2,5-3 жылдық мұнай өндіруді қамтамасыз ете алатын бірнеше ірі кен орындарын ашуға тең.

Қазақстанның ірі кен орындарында мұнай өндірудің күрт төмендеуімен игерудің соңғы сатысына енгенін ескере отырып, мұнай өндіруді

тұрақтандырудың және Қазақстанның мұнай өнеркәсібін одан әрі дамытудың басты шарты өндірілуі қиын қорлары бар өнімділігі төмен қабаттардан мұнай алуды ұлғайтудың жаңа жоғары тиімді технологиялық шешімдерін әзірлеу және енгізу өзекті мәселе болып табылады.

Болашақта Қазақстанда мұнай мен газ өндіру көлемі айтарлықтай өсуге ұмтылатын болады. Қазақстандық мұнай мен газ өндірісінің ұлғаюуы үш фактормен байланысты. Біріншіден, бұл инвестициялардың айтарлықтай ағынына байланысты. Екіншіден, көмірсутек шикізатының әлемдік нарықтарының қалыптасып келе жатқан қолайлы конъюнктурасы. Үшіншіден, саланың ресурстық әлеуетін одан әрі арттыруға сондай-ақ, Каспий және Арал теңіздерінің акваториясындағы жер қойнауы учаскелерін жүргізіліп жатқан кең ауқымды зерделеу ықпал ететін болады [5].

XXI ғ. Каспий өңірінің елдерін жаңа сыңартерлерге байланысты бұрын-соңды болмаған мүмкіндіктермен марапаттады. Каспийдің көмірсутек ресурстарының бірінші кезектегі тұтыну-

шысы Еуропа болып табылады, бірақ көбінесе оған апаратын жол қиын. АҚШ энергетикалық ақпарат қызметінің деректеріне сәйкес, Каспий өңірінде 48 млрд баррель және 8,76 трлн текше метр газ барланған мұнай қоры бар. Каспий теңізінің қайраңы толық зерттелмеген, континенттік қайраңның оңтүстік бөлігі Түрікменстан, Иран және Әзірбайжан теңіз шекараларының реттелмеуіне байланысты зерттелмеген [6].

Қазақстан үшін Каспий мұнайы экономикалық өсуді дамыту мен қамтамасыз етудің қуатты факторы болып табылады.

Қазіргі таңда Каспийдің әлемдік энергетика, әлемдік мұнай саясаты жүйесіне орналасуы айқынырақ болды. Каспий Таяу Шығысқа балама бола алмаса да, оның әлемдік энергетика үшін маңызы айтарлықтай жоғары [7].

Каспийдегі дәлелденген мұнай қоры шамамен 4 млрд. тоннаны құрайды. Болжамды қорларды ескере отырып, бұл көрсеткіш әр түрлі бағалаулар бойынша 15-тен 30 млрд.тоннаға дейін артуы мүмкін 1-кесте [8-9].

**1-кесте. Каспий өңіріндегі мұнай және табиғи газ қорлары**

Мемлекет	Дәлелденген мұнай қоры (BBL)	Мүмкін мұнай қоры (BBL)	Жалпы мұнай қорлары (BBL)	Дәлелденген газ қоры (Tcf)	Мүмкін газ қоры (Tcf)	Жалпы газ қоры (Tcf)
Әзірбайжан	3,6-1,25	27	31-40	11	35	46
Иран*	0.1	12	12	0	11	11
Қазақстан	10,0-17,6	85	95-103	53-83	88	141-171
Ресей	0,3	5	5	—	—	—
Түркіменстан	1.7	32	34	98-155	159	257-314
Өзбекстан	0,3	1	1	74-88	35	109-123
Барлығы:	16,0-32,5	163	179-195	236-337	328	564-665

\* Ескерту - тек Каспий теңізіне жақын аймақтар.

BBL - млрд. баррель (1 баррель = 159 дм); Tcf - трл. куб фут (1 фут = 0,305 м).

**Материалдар мен әдістер.** Көмірсутектердегі ванадий мөлшері, шикізатта аз ( $10^{-6}$  -дан  $10^{-2}$  %-ға дейін), ол көптеген каталитикалық өңдеу процестеріне теріс әсер етеді.

Ванадийдің өндірісі мен оның бағасы өте аз және қарапайым түсіндіріледі. Жер қыртысында

ванадий көп болса да шамамен 0,2% (яғни қорғасыннан 15 есе және күмістен 2000 есе көп), оның жинақталуы жерде өте сирек кездеседі (сондықтан ванадий сирек металдарға жатады). Құрамында 1% ванадий бар кен өте бай болып саналады; тіпті осы құнды және тапшы элемент-

тің тек 0,1% бар кендер де өнеркәсіптік өңдеуге есептелінеді [10-11].  
ұшырайды.

Кендердегі ванадийдің төмен мөлшерін (максимум 1500 г/т) ескере отырып, оның мұнай мен битумдардан ілеспе жолмен алынуы өзекті болып

2-кестеде келтірілгендей мұнайды зерттеудегі ванадийдің еліміздегі басым көпшік кен орындарында бар екенін көрсетеді.

**2-кесте. Батыс Қазақстан кен орындарының мұнай құрамындағы ванадий мөлшері**

Кен орын	Құрамы, г/т	Кен орын	Құрамы, г/т
<i>Маңғыстау облысы</i>		<i>Ақтөбе облысы</i>	
Сол. Бозашы	100-300	Бозоба	50-120
Қаражанбас	70-300	Синельников	5-50
Қаламқас	60-300	Жанажол	1-10
Жалғызтөбе	60-200	Кеңкияк	1-10
Қаратұрын	70-140	Остансук	1-5
Бесоба	70-140	<i>Атырау облысы</i>	
Өзен	0,5-5	Қараарна	40-70
Асар	0,5-5	Тортай	10-80
Сол. Ракушечный	0,5-5	Құмшеті *	10-60
Жетыбай	0,1-1	Биікжал	5-40
Шынжыр	0,1-1	Теңіз	0,1-1
Тасболат	0,05-0,5	<i>Батыс Қазақстан облысы</i>	
Оймаша	0,01-0,1	Гремячин	20-50
Сол. Қарагие	0,01-0,05	Бат. Теплов	1-10
Ұйлық	0,001-0,01	Қарашығанақ	0,05-0,5
Жылынды	0,001-0,01		
Ащысор	0,001-0,01		

**3-кесте. Батыс Қазақстан кен орындарының мұнай-битуминозды жыныстарында ванадийдің құрамы**

Кен орын	Құрамы, г/т	Кен орын	Құрамы, г/т
<i>Ақтөбе облысы</i>		<i>Атырау облысы</i>	
Ақбұлақ	50-400	Иманқара	20-80
Дөңгелексор	20-70	Ақшоқы	10-70
Мортық	10-70	Көлжан	30-50
Шілікті	20-50	Қарамұрат	20-50
Қопа	1-20	Мұнайлы	10-30
<i>Маңғыстау облысы</i>		Қарасай	5-30
Төбежік	10-70		
Қарасаз-Таспас	5-30		
Бека-Таспас	5-30		
Топқараған	1-20		

Тек мұнайда ғана емес, сонымен қатар, битумдарда, тақтатастарда микроэлементтердің әртүрлі түрлері бар. Осы өнімдердегі ванадийдің концентрациясы 3 және 4-кестеде келтірілген.

**4-кесте. Оңтүстік Қазақстандағы көміртекті тақтатастарындағы кен орындарының ванадий мөлшері**

Кен орын	Құрамы, г/т	Кен орын	Құрамы, г/т
Көксу	500-1200	Каратальская Долина	50-200
Шығ. Текелі алқабы	150-300	Кюелы	50-250
Яблонов	80-300	Коккус	50-100

Мұнай құрамындағы ванадий мөлшері қабаттағы жыныстың жасына байланысты.

**Нәтижелер мен талқылау.** Мұнай құрамында, көміртегі мен сутектен басқа, әр түрлі концентрацияда сирек кездесетін, түрлі-түсті, қара, бағалы металдар бар, олар нарықтық жағдайда да, мұнай да қажет. Егер 2023 жыл, шілдеге дейін әлемдік шикізат нарығын бағасын зерттесек, онда біз келесі статистиканы байқауымызға болады. Инфляция, қор нарығындағы жағдай тұрақты болды. 2023 жылдың бірінші жартысы бағалы металдарға жоғары сұраныспен, сондай-ақ, олардың баға белгілеулерінің құбылмалылығымен ерекшеленді. «Dow Jones Precious Metals» индексі алтын, күміс және платина өндірумен немесе барлаумен айналысатын компаниялардың акцияларының кірістілігін көрсетеді. Бұл индекс жыл басынан бері 2,5%-ға төмендеді. Соңғы алты айда алтын көрсеткіші 4,5%-ға өсті, ал күміс көрсеткіші шамамен 5%-ға төмендеді.

2024 жылдың әлемдік шикізат нарығының бағасына талдау жасай отырып, бір тонна үшін - ванадий 2023 жылдың қарашасында MetalResearch нарықты талдау тобы жүргізген бағалаулар мен есептеулер бойынша ванадий қосылыстарының әлемдік нарығы 2023 жылы 2023 жылдың 2 тоқсанында сатылымның айтарлықтай төмендегенін көрсетті. Сарапшылар бұл өзгерісті 2023 жылдың 1 тоқсанына қатысты -19,0% деп бағалайды. Бірақ 2022 жылдың 1-тоқсанында ванадий қосылыстары нарығындағы сату көлемі 127 501 мың долларға бағаланса, 2023 жылдың 2 тоқсанында сату көлемі 118 944 мың долларға бағаланды. 1 жыл мен 1 жартыжылдықтағы өзгерістер динамикасы - 6,7% төмендегенін көрсетті. Сонымен қатар, сатылым көрсеткіші 2022 жылдың 2 тоқсаны - 2023 жылдың 2 тоқсаны - 2022 жылдың 2

тоқсанында ең жоғары болды, ал 2022 жылдың 4 тоқсанында рекордтық төмен болды, бұл жүргізіліп жатқан зерттеулердің өзектілігін көрсетеді [12-13].

Осыған байланысты мұнай және газ кен орындарын ашу, игеру және пайдалану тәсілдерін жетілдіру жолдарын іздестіру Қазақстанның қазіргі мұнай-газ саласының өзекті ғылыми мәселесі болып табылады.

Мұнай және газ кен орындарын игеру тәжірибесі мұнай мен газдарда негізгі пайдалы компоненттерден басқа, яғни көмірсутектерде күкірт, ванадий, никель, уран, азот, гелий және т.б. сияқты ілеспе өндірілетін пайдалы қазбалар бар екенін көрсетеді.

Зерттеулер әдетте жыл сайын жүргізіледі, сондықтан олардағы көрсеткіштер ұзақ уақыт ескірмейді, бірақ жаңарту кезінде ретроспективті деректердің пайда болуына немесе ауыстырылуына байланысты өзгеруі мүмкін. Осыған байланысты, әрбір нақты тапсырыс беруші үшін әдетте зерттеулер жаңартылмады, сонымен қатар, оны тапсырыс берушінің мақсаттары мен міндеттеріне айналады.

Ванадийді қалпына келтіру жаһандық сұранысты қанағаттандыруға көмектеседі. Дегенмен, шешім қабылдаушылар үшін өте маңызды болып табылатын ванадий өндіру қондырғыларының экономикалық орындылығы туралы зерттеулер жоқ. Авторлар [14] зерттеу осы олқылықтың орнын толтыру үшін ванадийді қалпына келтіру процесіне техникалық-экономикалық баға берді. Ванадийді өндіру құны әзірленген техникалық-экономикалық модельдер арқылы, соның ішінде процеске қатысты және жанама өнімдерді сатудан түскен кіріс арқылы бағаланған.

Мұнай мен газдың құнын бағалау кезінде осы уақытқа дейін мұнай мен газға кіретін басқа да



ілеспе өндірілетін пайдалы қазбалардың құнын есепке алмай, көмірсутектердің болуы ғана ескерілді.

Мұнай және газ кен орындарын кешенді игеру кезінде баға белгілеу кезінде мұнай мен газдың құнын төмендегі келтірілген формула бойынша есептеуге болады:

1) мұнай үшін:

$$C_m = C_{\text{ун}} + \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

мұндағы,  $C_{\text{ун}}$  - мұнайдағы көмірсутектердің құны;

$\sum_{i=1}^n C_i$  - тауарлық мұнайдың құрамына кіретін пайдалы қазбалардың жиынтық құны;

$i=1...n$  – мұнайдың құрамына кіретін пайдалы қазбалар.

Жыл сайын дәстүрлі мұнай қоры таусылып, сапасы нашарлайды, статистикаға сәйкес, жыл сайын мұнай өндірудің жалпы құрылымындағы ірі макроөңірлердің үлесінің төмендеуі байқалады. Бұл, ең алдымен, кен орындарының жоғары өндірілуіне және өндірілетін өнімнің жоғары сулануына байланысты. Бұл факт қазіргі заманғы өнеркәсіп үшін қиын алынатын қорлады әзірлеуге бойынша жаңа міндеттер қояды, оларды әзірлеу қолданыстағы өндіру технологияларымен тиімсіз.

Қазіргі уақытта тұтқырлығы жоғары және тұтқырлығы өте жоғары мұнайды өндіруге көбірек көңіл бөлінуде. Алайда, оларға тән қасиеттер: қаттылықтағы мұнайдың жоғары тұтқырлығы және қабаттағы төмен қозғалғыстағы мұнай, яғни кен орындарын пайдалану процесін қиындатады, ал қолданыстағы технологиялар жоғары күрделі салымдарға байланысты кең таралмайды.

Сонымен қатар, өндірістегі мұнайды өңдеудің қолданыстағы технологиялық сұлбаларында мұнаймен бірге өндірілетін пайдалы компоненттердің (ванадий) көп мөлшері жоғалады. Бұл мұнай сапасының төмендеуіне, металдар мұнай өңдеу өнімдеріне енген кезде табиғи тепе-теңдіктің экологиялық жағынан да қауіп әкеледі. Осы-

ған байланысты ілеспе өндірілетін металдарды шығарумен мұнайды дайындау және өңдеудің инновациялық сұлбаларын іздеу қазіргі заманғы мұнай-газ саласының, атап айтқанда, мұнай өңдеу зауыттарының (МӨЗ) өзекті ғылыми мәселесі болып табылады.

2) газдың құнын төмендегі келтірілген формула бойынша есептесек:

$$C_g = C_{\text{кс}} + \sum_{j=1}^m C_j \quad (2)$$

мұндағы  $C_{\text{кс}}$  - газдағы көмірсутектердің құны;

$\sum_{j=1}^m C_j$  - газ құрамына кіретін пайдалы қазбалардың жиынтық құны;

$j=1...m$  – ілеспе-өндірілетін, газдың құрамына кіретін.

«ҚазТрансГаз» АҚ АҚШ-тың сауда және даму агенттігімен бірлесіп Амангелді тобының азот-гелий, азот-метан кен орындарын игеруге техникалық-экономикалық негіздеме дайындауға грант беру туралы келісімге қол қойылған. Компанияның мәліметінше, Амангелді, Анабай, Айрақты және Құмырлы кен орындарындағы азот-гелий-метан газының концентрациясында 8%-дан 81%-ға дейін азот және 0,165-тен 0,694%-ға дейін гелий бар. Солтүстік Орал мен Үшарал-Кемпіртөбедегі гелий-азот кен орындарында 99,2 % азот және 0,6 % гелий бар. Қазіргі уақытта Амангелді метан кен орындары жыл сайын 330 млн текше метр өндірумен игерілді.

«ҚазТрансГаз» атап өткендей, өнеркәсіптік ауқымда гелий алу - Қазақстан үшін жаңа инновациялық жоба. Сонымен қатар, АҚШ гелий өндірісі мен тұтынуы бойынша әлемдік көшбасшы болып табылады, зерттеулерінің нәтижесінде Амангелді кен орындарында бар газдарды бөлу жөніндегі жобаның орындылығын, сондай-ақ, азотты тыңайтқыштарды алудың әртүрлі тәсілдерінің тиімділігін көрсетілген. Амангелді кен орнында инертті газ - гелий газы қымбат зат болғандықтан, сонымен қатар, кешенді игерудің артуына байланысты оны өндірудің және сатуының негізгі пункттері көрсетілген. Өнеркәсіптік масштабта гелий өндіру көмірсутек пен азот

құрамындағы табиғи және мұнай газдарынан өндіріледі [15].

Гелийді осы күннің өндірістік масштабында алудың негізгі әдісі оны табиғи газдардан алу болып қала береді, онда ол компонент - қоспа ретінде болады. Қазіргі уақытта табиғи газдардан гелийді шығарудың перспективалы жолдарының бірі мембраналық тәсіл болып саналады, ол мембраналардың кейбір қосылыстарды өткізіп, басқаларын ұстап тұру қасиетіне негізделген. Аналитикалық талдау жұмыстары осы әдіспен гелий алудың теориялық орындылығын көрсетті, алайда өнеркәсіптік ауқымда мұндай тәсіл әлі жүзеге асырылған жоқ [15].

Табиғи газдарды кәдеге жарату кезінде кен орындарында гелийдің ілеспе жоғалуы орын алатынын атап өткен жөн, сондықтан ең дұрыс шешім өндірілген табиғи газдан барлық гелийді алдын ала алу болуы мүмкін. Алайда, алынған ресурстың жалпы көлемі оған деген сұраныстан асып түседі. Яғни, гелий-шикізат (азот-гелий концентраты) түрінде жер асты қоймаларына (өндірілген кен орындарына) артық мөлшерден кейінгі айдау қажет болады.

Гелийді алу және оны тазарту үшін шамалы қосымша күрделі шығындар қажет болғандықтан, табиғи газдан гелий алу кезінде қондырғының экономикалық көрсеткіштері айтарлықтай жақсарыды.

Қазіргі заманғы GENERON® мембраналық қондырғылары технологияға байланысты табиғи газдан да, шығарылатын газдардан да гелий шығаруға қабілетті. Мембраналардың бірегей дизайны, сондай-ақ, өткізгіш қабырғалар арқылы гелийдің өте жоғары өткізгіштігі оны жалпы газ ағынынан тиімді және өте дәл шығаруға мүмкіндік береді. Гелий алу процедурасына ұқсас тәсіл 95%-дан астам тазалықпен осы заттың 98%-на дейін алуға мүмкіндік береді.

Республиканың бірқатар мұнай кен орындарында (солтүстік Бозашы, Қаражанбас, Қаламкас, Жалғызтөбе, Қаратурун, Бесоба, Бозоба, Шинельнековское, Қараарна, Тортой, Құмшеты және т.б.) құрамында ванадий бар, оның концентрациясы өндірілетін мұнайдың тоннасына

10-нан 300 грамға дейін. Алайда, осы уақытқа дейін ванадийді алу технологиясы әзірленбеген.

Авторлардың [16-19] мақаларында көрсеткендей, мұнай мен газды өндірудің, дайындаудың және тасымалдаудың қолданыстағы технологиялық сұлбаларын пайдалану құрлықта және теңізде мұнай операцияларын жүргізу кезінде мұнай бергіштіктің төмен коэффициенті, мұнай сапасының төмендеуі, табиғи тепе-теңдіктің жағымсыз экологиялық ығысуы есебінен жер қойнауында мұнайдың және ілеспе өндірілетін пайдалы компоненттердің үлкен шығындарына әкеледі.

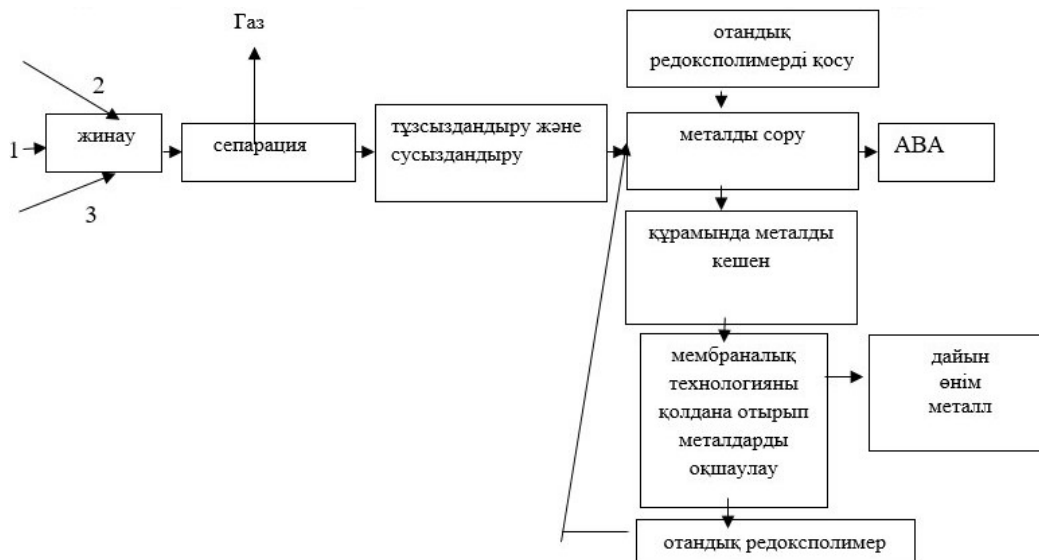
Кәзіргі таңда тау-кен өндірісінде, оның ішінде мұнай-газ өндірісінде әр түрлі полимерлер кеңінен қолданылады. Пайдалы компоненттерді, соның ішінде мұнай мен мұнай өнімдерінен алу кезінде ион алмастырғыш, комплекс түзуші және тотығу-тотықсыздандырғыш полимерлердің көмегімен әртүрлі мәселелердің кең ауқымын шешу мүмкіндігі оларға үлкен назар аударады. Тотығу-тотықсыздану полимерлерінде тотығу-тотықсыздану және комплекс түзуші қасиеттердің болуы оны дайындау кезінде мұнайдан пайдалы компоненттерді алу мәселелерін шешуге қызығушылық тудыруы мүмкін.

Мақаладағы талдаудың тиімділігі (әлеуметтік-экономикалық және экологиялық әсері) мен бәсекеге қабілеттілігі жоғары тұтқырлығы жоғары, қиын алынатын қорлардағы мұнай бергіштікті арттыруға, пайданы ұлғайтуға және өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беруі мүмкін, бұл әсіресе қазіргі экономикалық дағдарыс жағдайында маңызды, сондай-ақ, кен орындарын кешенді игеру кезінде өндірістегі технологиялық сұлбаларды *талдау нәтижесінде* тиімділігін, тауарлық мұнайды дайындау сапасын арттыруды қамтамасыз етеді, яғни дайындық шығындарын азайту, экологиялық қауіпсіз технологияларды қолдану есебінен тұтқырлығы жоғары мұнайды тасымалдауға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты авторлардың [20] ион алмасу, оның ішінде өнімділік көрсеткіштері жақсартылған тотығу-тотықсыздану және комплекс түзуші макромолекулалар саласындағы зерттеулерді интенсификациялау және олардың

негізінде мұнайлардан пайдалы компоненттерді алудың перспективалық сорбциялық технологияларын жасау, оларды дайындау кезінде ілеспе өндірілетін бағалы, түсті және сирек металдарды алудың төменде көрсетілген инновациялық

технологиялық сұлба ұсынылады, бұл МӨЗ-ді дайындау және қайта өңдеу сатысында оларды мұнай мен мұнай өнімдерінен алуға мүмкіндік береді, осылайша өнімнің сапасын жақсартады (1-сур.).



1,2,3 – ілеспе өндірілетін құрамында металы бар кен орын,  
АВА – мұнайды атмосфералық-вакуумдық бастапқы айдау

### 1-сурет. Ілеспе өндірілетін металдарды шығарумен мұнайды жинау мен дайындаудың инновациялық технологиялық сұлбасы

1-суретте сирек металдарды отандық редокс-полимермен және мембраналық технологиямен шығарып, мұнай мен газ, сонымен қатар мұнай өнімдерін жинау мен дайындаудың жалпы технологиялық сұлбасы көрсетілген. Қорыта айтқанда, бұл әдістің негізінде мұнай-газ саласында отандық редоксполимер негізінде мұнай мен мұнай өнімдерінен ванадий мен басқа металдарды алу үшін сорбциялық процестерді, сонымен қатар, асыл газдарды (гелий) бөлу кезінде мембраналық технологияны енгізу ұсынылады. Бұл мұнай кен орындарын кешенді игеру, мұнай сапасын арттыру және оны өндіру орындарынан тұтынушыға дейін тасымалдау тиімділігінің талаптарына сәйкес келеді.

#### Қорытынды.

1. Ұсынылған өндіру әдісін талдау нәтижесінде автор қарастырылып отырған технология қабаттардың мұнай бергіштік коэффициентін

арттыруға, сонымен қатар, қабат пен онымен байланысты металдардан мұнай алу кезінде отандық редоксполимерді қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндігі қарастырылды. Мұнай өндірудің гравитациялық режимін және оны кеуектер мен жарықтардан сорбциялауды қамтамасыз ететін отандық редоксполимер ерітінділерін қабатқа айдау үшін өндіру және қосалқы ұңғымаларды орналастырудың технологиялық сұлбасын ұсынылды.

2. Мұнай мен мұнай өнімдерінен, сондай-ақ, газ кен орындарын игеру кезінде бағалы газдардан (гелий және т.б.) ілеспе өндірілетін ванадий мен басқа металдарды алудың инновациялық тәсілі негізінде мұнай-газ саласында отандық редоксполимер негізінде мұнай мен мұнай өнімдерінен ванадий мен басқа металдарды алу үшін сорбциялық процестерді, сондай-ақ, асыл газдарды бөлу кезінде мембраналық технологияны

енгізу қсынылады, бұл мұнай және газ кен орындарын кешенді игеру, мұнай газының сапасын және оны өндіру орындарынан тұтынушыға дейін тасымалдау тиімділігін арттыруға мүмкіндігін талданды.

3.Мақалада қарастырылған талдау, яғни сұйық ортадан, соның ішінде мұнайлы қабаттар мен қалдық мұнай қорларын металдарды алу процестерін зерттеуде ғылымның дамуына үлес

қосады.

4.Мұнай мен газдың құнын бағалау кезінде осы уақытқа дейін мұнай мен газға кіретін басқа да ілеспе өндірілетін пайдалы қазбалардың құнын есепке алмай, көмірсутектердің болуы ғана ескерілді. Мұнай және газ кен орындарын кешенді игеру кезінде баға белгілеу кезінде мұнай мен газдың құнын келтірілген формула бойынша есептеулер жүргізуге болады.

### Әдебиеттер

1. Li Wang, Jixiang Guo, Chi Li, Ruiying Xiong, Xiangwei Chen, Xiaojun Zhang Advancements and future prospects in in-situ catalytic technology for heavy oil reservoirs in China: A review//Fuel. -2024. -Vol. 374. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.132376
2. G. Todd Ventura, Louise Gall, Christopher Siebert, Julie Prytulak, Peter Szatmari, Martin Hürlimann, Alex N. Halliday The stable isotope composition of vanadium, nickel, and molybdenum in crude oils// Applied Geochemistry. -2015. -Vol.59. -P. 104-117. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2015.04.009
3. Augustine Okeke An exploration of sustainability and supply chain management practises in the oil and gas industry: A systematic review of practises and implications//Environmental and Sustainability Indicators. -2024. -Vol. 23. DOI: 10.1016/j.indic.2024.100462
4. Hadi Sahebi, Farnaz Barzinpour, Hani Gilani Bibliometric analysis of sustainable supply chain management in the oil and gas industry: A review and research agenda//The Extractive Industries and Society. -2024. -Vol. 18. DOI: 10.1016/j.exis.2024.101483
- 5.Нефтьдобыча, газификация и привлечение инвестиций — как развивалась энергетическая отрасль Казахстана в условиях пандемии. 05 Март 2021//Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан. URL: <https://primeminister.kz/ru> (Қаралған күні: 02.09.2024)
6. Виктор Катона Нефть и газ Каспийского региона между Европой и Азией. 17 августа 2017. Аналитические статьи. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments> (Қаралған күні: 02.09.2024)
7. Пономарева Г.А. Металлы в нефти месторождений Оренбургской области //Известия Уральского государственного горного университета. -2019. -Вып. 2(54). -С. 56-62. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-2-56-62.
8. Тагиев Ш. Трудноизвлекаемые запасы нефти и проблемы их добычи: Увеличение нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов нефти и проблема их добычи // Мировая наука. -2023. -№6(75). -С.120-124. URL: <https://cyberleninka.ru>
9. Надиров Н.К., Котова А.В., Камьянов В.Ф. и др. Металлы в нефтях Новые нефти Казахстана и их использование: Металлы в нефтях: монография. -Алма-Ата: Наука, 1984. 448 с.
10. Васильянова Л.С. Нефть и газ–богатство Казахстана //Сборник статей «Геологическая наука независимого Казахстана: достижения и перспективы». -Алматы, 2011. - С. 282-291.
11. Инновационный патент №25906 на изобретение РК. Инновационный способ извлечения ванадия из нефти и нефтепродуктов //Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. и др.
12. Sbercib investment research: Прогноз цен на золото, серебро, платину и палладий в 2024 году. URL:<https://sbercib.ru> (Қаралған күні: 02.09.2024)

13. International Metallurgical Research Group Мировой рынок редких металлов по итогам 2023 (апрель 2024)/Рынок ванадия и соединений, прогноз 2025 Metal Research (Металлургические исследования) URL: [https://www.metalresearch.ru/vanadium\\_market.html](https://www.metalresearch.ru/vanadium_market.html) (Қаралған күні: 02.09.2024)
14. M. Baritto, A.O. Oni, A. Kum The development of a techno-economic model for the assessment of vanadium recovery from bitumen upgrading spent catalyst/ Journal of Cleaner Production. -2022. -Vol.363. DOI:10.1016/j.jclepro.2022.132376
15. Казахстанская еженедельная газета/Kazakh weekly. URL: newspaper/2012-08-24/  
<https://panoramakz.com> (Қаралған күні: 02.09.2024)
16. Nuranbayeva B.M. Method for extraction of vanadium from oil during preparation //International journal of chemical sciences (Int.J/Chem.Sci.) -2013. –Vol.11(1). -P.73-84.
17. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М., Гусенов И.Ш. Повышение нефтеотдачи пласта с использованием новых отечественных полимеров //Журнал «Нефть и газ». – 2015. - № 2 (86). -С. 61-70.
18. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. Инновационные способы кучного выщелачивания золотосодержащих и урановых руд в открытых горных выработках//Международная научно-практическая конференция «50 лет российской научной школе комплексного освоения недр земли» Москва, РФ 13-16 ноября 2017. ИПКОН. С.443-447.
19. Ахмеджанов Т.К., Елефтериادي Д.К. Исследование альтернативных методов повышения нефтеотдачи высоковязких нефтей и нефтебитумов //Поиск. -2019. -№ 2. -С. 136-139.
20. Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. Способ и технологические схемы извлечения ванадия и других металлов из нефти и нефтепродуктов при их подготовке //Журнал "Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 4. – С. 49-52. URL: <https://top-technologies.ru>

### References

1. Li Wang, Jixiang Guo, Chi Li, Ruiying Xiong, Xiangwei Chen, Xiaojun Zhang Advancements and future prospects in in-situ catalytic technology for heavy oil reservoirs in China: A review//Fuel. -2024. -Vol. 374. DOI: 10.1016/j.fuel.2024.132376
2. G. Todd Ventura, Louise Gall, Christopher Siebert, Julie Prytulak, Peter Szatmari, Martin Hürlimann, Alex N. Halliday The stable isotope composition of vanadium, nickel, and molybdenum in crude oils// Applied Geochemistry. -2015. -Vol.59. -P. 104-117. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2015.04.009
3. Augustine Okeke An exploration of sustainability and supply chain management practises in the oil and gas industry: A systematic review of practises and implications//Environmental and Sustainability Indicators. -2024. -Vol. 23. DOI: 10.1016/j.indic.2024.100462
4. Hadi Sahebi, Farnaz Barzinpour, Hani Gilani Bibliometric analysis of sustainable supply chain management in the oil and gas industry: A review and research agenda//The Extractive Industries and Society. -2024. -Vol. 18. DOI: 10.1016/j.exis.2024.101483
5. Neftedobycha, gazifikacija i privlechenie investicij — kak razvivalas' jenergeticheskaja otrasl' Kazahstana v uslovijah pandemii. 05 Mart 2021//Oficial' nyj informacionnyj resurs Prem' er-Ministra Respubliki Kazahstan. URL: <https://primeminister.kz> (date of application: 02.09.2024) [in Russian]
6. Viktor Katona Neft' i gaz Kaspijskogo regiona mezhdu Evropoj i Aziej. 17 avgusta 2017. Analiticheskie stat' i. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/neft-i-gaz-kaspijskogo-regiona-mezhdu-evropoy-i-aziej/> (date of application: 02.09.2024) [in Russian]
7. Ponomareva G.A. Metally v nefti mestorozhdenij Orenburgskoj oblasti //Izvestija Ural' skogo



- gosudarstvennogo gornogo universiteta. -2019. -Vol. 2(54). -S. 56-62. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-2-56-62. [in Russian]
8. Tagiev Sh. Trudnoizvlekaemye zapasy nefti i problemy ih dobychi: Uvelichenie nefteotdachi trudnoizvlekaemyh zapasov nefti i problema ih dobychi // Mirovaja nauka. -2023. -№6(75). -S.120-124. URL: <https://cyberleninka.ru> [in Russian]
9. Nadirov N.K., Kotova A.V., Kam'janov V.F. i dr. Metally v neftjah Novye nefti Kazahstana i ih ispol'zovanie: Metally v neftjah: monografija. -Alma-Ata: Nauka, 1984. 448 s. [in Russian]
10. Vasil'janova L.S. Neft' i gaz–bogatstvo Kazahstana //Sbornik statej «Geologicheskaja nauka nezavisimogo Kazahstana: dostizhenija i perspektivy». -Almaty, 2011. - S. 282-291. [in Russian]
11. Innovacionnyj patent №25906 na izobrenenie RK. Innovacionnyj sposob izvlechenija vanadija iz nefti i nefteproduktov //Ahmedzhanov T.K., Nuranbaeva B.M. i dr. [in Russian]
12. Sbercib investment research: Prognoz cen na zoloto, srebro, platinu i palladij v 2024 godu. URL: <https://sbercib.ru> (date of application: 02.09.2024) [in Russian]
13. International Metallurgical Research Group Mirovoj rynek redkih metallov po itogam 2023 (aprel' 2024)/Rynek vanadija i soedinenij, prognoz 2025 Metal Research (Metallurgicheskie issledovanija) URL: [https://www.metalresearch.ru/vanadium\\_market.html](https://www.metalresearch.ru/vanadium_market.html) (date of application: 02.09.2024)
14. M. Baritto, A.O. Oni, A. Kum The development of a techno-economic model for the assessment of vanadium recovery from bitumen upgrading spent catalyst/ Journal of Cleaner Production. -2022. -Vol.363. DOI:10.1016/j.jclepro.2022.132376
15. Kazahstanskaja ezhenedel' naja gazeta/Kazakh weekly. URL: <http://newspaper/2012-08-24/> <https://panoramakz.com> (date of application: 02.09.2024) [in Russian]
16. Nuranbaeva B.M. Method for extraction of vanadium from oil during preparation //International journal of chemical sciences (Int.J/Chem.Sci.) -2013. –Vol.11(1). -P.73-84.
17. Ahmedzhanov T.K., Nuranbaeva B.M., Gusenov I.Sh. Povyshenie nefteotdachi plasta s ispol'zovaniem novyh otechestvennyh polimerov //Zhurnal «Neft' i gaz». – 2015. - № 2 (86). -S. 61-70. [in Russian]
18. Ahmedzhanov T.K., Nuranbaeva B.M. Innovacionnye sposoby kuchnogo vyshhelachivanija zolotosoderzhashchih i uranovyh rud v otkrytyh gornyh vyra-botkakh//Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «50 let rossijskoj nauchnoj shkole kompleksnogo osvoenija nedr zemli» Moskva, RF 13-16 nojabrja 2017. IPKON. S.443-447. [in Russian]
19. Ahmedzhanov T.K., Elefteriadi D.K. Issledovanie al'ternativnyh metodov povyshenija nefteotdachi vysokovjazkih neftej i neftebitumov //Poisk. -2019. -№ 2. -S. 136-139. [in Russian]
20. Ahmedzhanov T.K., Nuranbaeva B.M. Sposob i tehnologicheskie shemy izvlechenija vanadija i drugih metallov iz nefti i nefteproduktov pri ih podgotovke //Zhurnal "Sovremennye naukojomkie tehnologii. – 2013. – № 4. – S. 49-52. URL: <https://top-technologies.ru> [in Russian]


*Сведения об авторе*

Нуранбаева Б.М. - канд.хим.наук, ассоциированный профессор, лидер программ образовательной программы «Нефтяная инженерия» и «Горное и нефтегазовое дело» Института Инженерии, Caspian University, Алматы, Казахстан, e-mail: [bulbulmold@mail.ru](mailto:bulbulmold@mail.ru)

*Information about the author*

Nuranbaeva B.M. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Program Leader of Educational Program “Petroleum Engineering” and “Mining and Oil and Gas Engineering”, Institute of Engineering, Caspian University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [bulbulmold@mail.ru](mailto:bulbulmold@mail.ru)


## КЕН ОРНЫНЫҢ САРҚЫЛУЫ ЖАҒДАЙЫНДА МҰНАЙ ҰҢҒЫМАСЫНЫҢ КӨЛДЕНЕҢ УЧАСКЕСІНІҢ АҒЫМДАҒЫ ҰЗЫНДЫҒЫН АНЫҚТАУ ӘДІСІ

<sup>1</sup>С.С.Сейтжанов , <sup>1</sup>Н.С.Сүлейменов, <sup>1</sup>П.А.Танжариков,  
<sup>2</sup>М.Ж. Досжанов, <sup>3</sup>Г.Ж.Тасболат

<sup>1</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан,

<sup>2</sup>Қызылорда «Болашақ» университеті, Қызылорда, Қазақстан,

<sup>3</sup>Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

 Корреспондент - автор: seitzhanov\_saken@mail.ru


Ұсақ мұнай кен орындары сарқылуға көлденең ұңғымалармен игерілген кезде, яғни мұнайды қабаттық қысымды ұстамай-ақ іріктеу жүргізіледі, өйткені қысымды ұстап тұру үшін қосымша айдау ұңғымаларын бұрғылау қажет. Қабаттық қысымның қанығу қысымынан төмен түсу диапазонында жоғарыда аталған коэффициенттердің өзгеруі айтарлықтай болады және бұл ұңғыманың ағынының төмендеуіне әкеледі. Сондықтан, бастапқы деңгейде жету үшін қабаттың дебиті мен депрессиясын сақтау үшін көлденең бөліктің ұзындығын көбейту керек. Көп жағдайда көлденең ұңғымалар көлденең ұңғыманың және фонтанды құбырларының ұзындығы мен диаметріне, олардың өнімділік аралығындағы профиліне, ұңғыманың қалыңдығы бойынша орналасуына және ашылатын қабатшалардың сыйымдылық және сүзу қасиеттерін, кеніш маңындағы аймақтың ластану дәрежесін, ұңғымаларды суландыру мүмкіндігін және депрессияның пайда болуын ескере отырып, дренаж аймағының контурына қатысты тиісті негіздемесіз бұрғыланады.

Сондықтан көлденең ұңғымалардың таңдағанда, оқпандарды орналастырудан және ашудың толықтығынан басқа, қабатқа депрессияның мөлшерін, анизотропия параметрін, өнімді аралықтағы оқпан профилін, сулану мүмкіндігін және т. б. ескеру қажет.

Көлденең ұңғымалардың конструктивтік ерекшеліктері тік ұңғымалар үшін әзірленген олардың құрылысын негіздеу әдістері мен технологияларын тікелей пайдалану, қабаттарды ашу және осындай ұңғымаларды қалыңдығы бойынша орналастыру мүмкіндігін болдырмайды. Бұл жұмыс осы мәселені шешуге арналған.

**Түйін сөздер:** гидродинамика, қабылдау профилі, кеуекті ортадағы ағын, қабат, субкапиллярлық канал, мұнай мен газ өндіру, кеуекті орта.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ ДЛИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УЧАСТКА НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ В УСЛОВИЯХ ИСТОЩЕНИЯ ЗАЛЕЖИ

<sup>1</sup>С.С. Сейтжанов , <sup>1</sup>Н.С. Сулейменов, <sup>1</sup>П.А.Танжариков,  
<sup>2</sup>М.Ж. Досжанов, <sup>3</sup>Г.Ж.Тасболат

<sup>1</sup>Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан,

<sup>2</sup>Кызылординский университет «Болашақ», Кызылорда, Казахстан,

<sup>3</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан,  
e-mail: seitzhanov\_saken@mail.ru

При освоении мелких нефтяных месторождений горизонтальными скважинами на истощение, т. е. без поддержания пластового давления, производится отбор нефти, так как для поддержания давления необходимо бурение дополнительных нагнетательных скважин. В диапазоне падения пластового давления ниже давления насыщения изменение вышеуказанных коэффициентов будет значительным, и это приведет к снижению расхода скважины. Поэтому для достижения начального уровня необходимо увеличить длину горизонтальной части, чтобы сохранить дебит и углубление слоя. В большинстве случаев горизонтальные скважины бурятся без соответствующего обоснования длины и диаметра горизонтального ствола и фонтанных труб, их профиля в пределах продуктивного


интервала, расположения ствола по толщине и относительно контуров зоны дренирования с учетом емкостных и фильтрационных свойств вскрываемых пропластков, степени загрязнения призабойной зоны, возможности обводнения скважин и образования глубоких депрессионных воронок.

Поэтому при выборе конструкции горизонтальных скважин необходимо учитывать, кроме размещения стволов и полноты вскрытия, величину депрессии на пласт, параметр анизотропии, профиль ствола в продуктивном интервале, возможность обводнения и т.д.

Конструктивные особенности горизонтальных скважин исключают возможность непосредственного использования разработанных для вертикальных скважин методов и технологий обоснования их конструкции, вскрытия пласта и размещения таких скважин по толщине. Эта работа предназначена для решения этой проблемы.

**Ключевые слова:** гидродинамика, профиль приемистости, течение в пористой среде, мощность, субкапиллярный канал, добыча нефти и газа, пористая среда.

#### A METHOD FOR DETERMINING THE CURRENT LENGTH OF A HORIZONTAL SECTION OF AN OIL WELL UNDER CONDITIONS OF DEPLETION OF A DEPOSIT

<sup>1</sup>S.S. Seitzhanov , <sup>1</sup>N.S. Suleimenov, <sup>1</sup>P.A. Tanzharikov,  
<sup>2</sup>M.Zh. Doszhanov, <sup>3</sup>G.Zh. Tasbolat

<sup>1</sup>Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kyzylorda Bolashak University, Kyzylorda, Kazakhstan,

<sup>3</sup>K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: seitzhanov\_saken@mail.ru

When developing small oil fields with horizontal wells for depletion, i.e. without maintaining reservoir pressure, oil is extracted, since additional injection wells must be drilled to maintain pressure. In the range of reservoir pressure drop below the saturation pressure, the change in the above coefficients will be significant, and this will lead to a decrease in well flow. Therefore, to reach the initial level, it is necessary to increase the length of the horizontal part in order to maintain the flow rate and deepening of the layer. In most cases, horizontal wells are drilled without an appropriate justification for the length and diameter of the horizontal trunk and fountain pipes, their profile within the productive interval, the location of the trunk in thickness and relative to the contours of the drainage zone, taking into account the capacitive and filtration properties of the layers being opened, the degree of contamination of the bottomhole zone, the possibility of well flooding and the formation of deep depression funnels.

Therefore, when choosing the design of horizontal wells, it is necessary to take into account, in addition to the placement of trunks and the completeness of opening, the amount of depression on the formation, the anisotropy parameter, the profile of the trunk in the productive interval, the possibility of watering, etc.

The design features of horizontal wells exclude the possibility of direct use of methods and technologies developed for vertical wells to substantiate their design, opening the reservoir and placing such wells in thickness. This work is designed to solve this problem.

**Keywords:** hydrodynamics, pickup profile, flow in a porous medium, power, subcapillary channel, oil and gas production, porous medium.

**Кіріспе.** Мұнай кен орындарын тік ұңғымалармен игеру кезінде тордың тығыздығы мен мұндай ұңғымалардың саны газ және газконденсатты кен орындарын игеру кезінде жасалатындай, мұнайдың тұрақты жылдық өндірісін сақтауға бағдарланбай белгіленеді. Әдетте, мұнай кен орындарын игеру процесінде қабаттық қысым іс жүзінде төмендемейтінін атап өткен жөн, өйткені игеру негізінен қабаттық қысымды ұстап тұру арқылы жүзеге асырылады, сондықтан

мұнай дебитінің төмендеуі негізінен ұңғыманы айдалатын сумен суландыру нәтижесінде пайда болады. Алайда, Қазақстан Республикасының аумағында ұңғымалардың саны 3÷5 бірліктен аспайтын мыңдаған ұсақ мұнай кен орындары бар. Әйтпесе, кен орнын игеру тиімсіз болып шығады. Мұндай кен орындары әдетте сарқылуға игеріледі, яғни мұнай алу процесінде айдау ұңғымаларын бұрғылау арқылы қысымды ұстап тұрудың болмауына байланысты қабат қысымының төмендеуі байқалады. Көбінесе мұндай кен орындарында олардың мөлшері шектеулі, сондықтан айдау ұңғымаларын орналастыру оңтайлы болмайды [1, 4, 9].

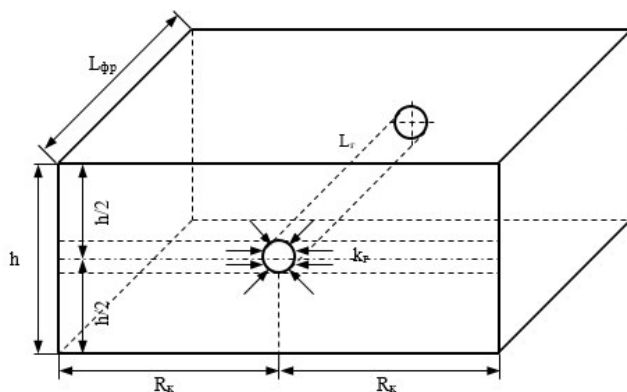
Ұсақ мұнай кен орындары мен көлденең ұңғымалар игерген жағдайда, қабат қысымы-

ның төмендеуі және кеуекті ортаның және оны қанықтыратын мұнайдың нақты қасиеттерінің өзгеруі жағдайында мұнай мен депрессияның бастапқы деңгейінде резервуарға шығуын сақтау мүмкіндігі бар.

**Материалдар мен әдістер.** Жұмыста [1] көлденең мұнай ұңғымаларының өнімділігін анықтау әдістері және осы әдістердің қолданылуын шектеу шарттары талданады. Бұл әдістердің ішіндегі ең қолайлысы [2] және [3] жұмыстарында ұсынылған әдістер екендігі көрсетілген.

Жұмысқа [1] сәйкес тәжірибеге қолайлы дәлдікпен көлденең мұнай ұңғымасының шығынын келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$Q_{\text{көлд.м}} = \frac{kL_k \Delta P}{\mu_m B_m \left[ \frac{1}{h_1} \left( h_1 + R_c \ln \left( \frac{R_c}{R_c + h_1} \right) \right) + \frac{R_c - 2h_1}{4(R_c + h_1)} \right]} \quad (1)$$



1-сурет. Көлденең оқпанға мұнай ағынының сызбасы

мұнда  $k$  – қарастырылып отырған жағдайда қабаттың өткізгіштігі көлденең оқпанға мұнайдың түсуі оқпанға жазық – радиалды перпендикуляр және оқпан диаметрінің шегінде ғана көлденең бағытта оған жазық болатындығына жол беріледі (1-суреті. қара).

Сондықтан, егер қабат анизотропты болса және оның  $k_{mik}$  тік бағытта өткізгіштігі көлденең бағытта өткізгіштіктен өзгеше болса, онда (1) формулада  $k_{mik}$  тік өткізгіштік мәнін қолдану дұрыс болар еді. Теориялық тұрғыдан алғанда,

қабатта айтарлықтай депрессиялар пайда болған кезде және қабат қысымын төмендету процесінде қабаттың кеуектілігі мен өткізгіштігі төмендейді. Алайда, бұл өзгерістер көп жағдайда шамалы, сондықтан пайда болған депрессиядан  $k$  өткізгіштігінің өзгеруі және қабат қысымының төмендеуі, яғни  $k=f(\Delta P, P_{\text{қаб.күнд}})$  өзгеріс аталған жұмыста ескерілмейді. Анизотропты қабатты ашқан көлденең мұнай ұңғымасының сенімді өнімділігін формуланы (1) келесі тәуелділікпен ауыстыру арқылы анықтауға болады:

$$Q_{\text{көлд.м}} = \frac{kL_k \Delta P}{\mu_m B_m \left[ \frac{1}{vh_1} \left( \nu h_1 + R_c \ln \frac{R_c}{R_c + \nu h_1} \right) + \frac{R_c - 2\nu h_1}{4(R_c + \nu h_1)} \right]} \quad (2)$$

мұнда  $\nu$  – мына теңдіктен анықталған анизотропия параметрі:  $\nu = [k_m/k_k]^{0.5}$ ,  $k_m$ ,  $k_k$  – тік және көлденең бағыттардағы өткізгіштік коэффициенттері;  $L_k - R_c$  радиусымен оқпанның көлденең бөлігінің ұзындығы;  $\Delta P - \Delta P = P_{\text{қаб}} - P_{\text{мұн}}$ ,  $P_{\text{қаб}}$ ,  $P_{\text{мұн}}$  тең қабатқа депрессия – тиісінше, дренаж аймағының контурындағы және ұңғыманың түп аймағындағы қысым. Айта кету керек, жұмыста талданған көлденең мұнай ұңғымаларының өнімділігін анықтаудың барлық әдістері [1] көлденең бағананың ұзындығы бойынша тұрақты түп қысыммен ғана жарамды, яғни  $P_{\text{мұн}} = \text{const}$  болғанда,  $\mu_m$  – қабат жағдайындағы мұнайдың тұтқырлық коэффициенті;  $B_m$  – мұнайдың көлемдік коэффициенті яғни қабат жағдайындағы мұнай көлемінің стандартты жағдайдағы көлемге қатынасы;  $h_1$  – келесі теңдіктен қабылданған есептеу схемасы үшін анықталған қабаттың қалыңдығы:  $h_1 = h/h_2 - R_c$ , егер ұңғыма оқпаны қабаттың қалыңдығына симметриялы орналасса;  $R_c$  – дренажды

ұңғымамен аймақтың шекарасына дейінгі қашықтық.

Көлденең оқпанмен полоосообразды қабаттың толық ашылуымен мұнайдың шығынын салыстырмалы түрде сенімді анықтауға мүмкіндік беретін [1] және [2] жұмыстарында ұсынылған әдістер (1-сур. қар.).

**Нәтижелер және талқылау.** З.С. Алиев пен В.В. Шеремет ұсынған (1), (2) формулалардан және [1] көлденең мұнай ұңғымасының дебитін анықтау үшін келтірілгеннен, қабаттағы белгілі депрессияда, мұнай  $\mu_m$  және  $B_m$  қасиеттерін, сонымен қатар дренаж аймағының геометриясын ені бойынша  $L_k$  көлденең учаскенің ұзындығының әртүрлі мәндерімен беру керек. Осы формуланы қолдана отырып, көлденең бөліктің ұзындығын анықтауға болады. Анизотропты қабат үшін көлденең учаскенің ұзындығы келесідей болады:

$$L_k = \frac{Q_{\text{көлд.м}} \mu_m B_m \left[ \frac{1}{vh_1} \left( \nu h_1 + R_c \ln \frac{R_c}{R_c + \nu h_1} \right) + \frac{R_c - 2\nu h_1}{4(R_c + \nu h_1)} \right]}{k \Delta P} \quad (3)$$

Егер мұнай кен орындары массивті болса және бұрын айтылғандай сарқылу үшін жасалса, олар тіпті бір артық пайдалану ұңғымасын бұрғылау кезінде табан суының көтерілуіне байланысты олардың игеру рентабельділігін күрт нашарлатады, содан кейін мұнай өндіру процесінде мұнаймен қаныққан  $h(t)$  қалыңдығы, сәйкесінше,  $h_1(t)$  қалыңдығы төмендейді. Сонымен қатар, қабат қысымының төмендеуіне байланысты  $\mu_m(P)$

және  $B_m(P)$  мұнай қасиеттерінің өзгеруі байқалады.  $h_1(t)$  және  $\mu_m(P)$ ,  $B_m(P)$  мүмкін болатын өзгерістерін ескере отырып, бастапқы қысым кезінде анықталған мұнай қасиеттерімен қабаттағы депрессияның бастапқы мәндерінде және бастапқы қабат қысымында алынған мұнайдың бастапқы дебитін қамтамасыз ету үшін көлденең учаскенің ұзындығын келесі формула бойынша анықтау қажет [4]:

$$L_k(t) = \frac{Q_{\text{көлд.м.бас}} \mu_m(P) B_m(P) \left[ \frac{1}{vh_1(t)} \left( \nu h_1(t) + R_c \ln \frac{R_c}{R_c + \nu h_1(t)} \right) + \frac{R_c - 2\nu h_1(t)}{4(R_c + \nu h_1(t))} \right]}{k \Delta P} \quad (4)$$

Бұл параметрлердің өзгеру сипаты қысымнан және уақыт бойынша, атап айтқанда, мұнайдың қасиеттері мұнайдың газбен қанығу қысымының мөлшеріне байланысты. Салыстырмалы түрде төмен қанықтыру қысымында  $\mu_m(P)$  мен  $B_m(P)$

коэффициенттері дамудың бірінші кезеңінде, яғни  $P_{\text{қабат}} > P_{\text{қанық}}$  қабат қысымы қанығу қысымына дейін төмендегенге дейін тұрақты болып қалады. Мұнайдың газбен қанығуының төмен қысымы мұнай кен орындарында бос газ болмаған кезде



және газ қақпағы бар кен орындарында бұл газ жоқ аймақтарда орын алатынын атап өтеміз.

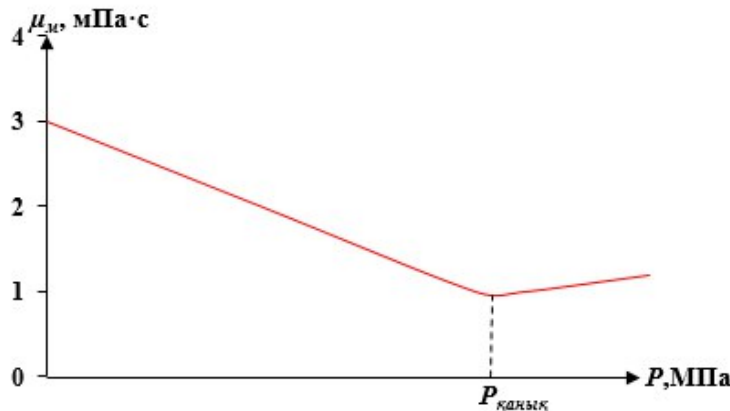
Қысымнан мұнайдың тұтқырлығының өзгеруін  $\mu_m(P)$  шамамен формула бойынша анықтауға болады:

$$\mu_m(P) = \mu_{m.қаб} + \frac{\delta(P_{қабат} - P_{қанық})}{P_{ам}} \quad (5)$$

мұнда  $\mu_m(P) - P_{қабат} > P_{қанық}$  аясындағы  $P_{қабат}(t)$  мен  $T_{қабат}$  кезіндегі мұнайдың тұтқырлығы;  $\mu_{m.қабат.бас} - P_{қанық}$  қанықтыру қысымындағы қабаттағы мұнайдың тұтқырлығы;  $\delta$  – мұнай тұтқырлығы мен қабат қысымы арасындағы пропорционалдылық коэффициенті 1-кестеде келтірілген қысымның өзгеру диапазонының келесі мәндерінің қысымына байланысты анықталады [5, 6].

**1-кесте. Мұнайдың тұтқырлығы мен қабат қысымы арасындағы пропорционалдылық коэффициентінің тәуелділігі**

р/с	Мұнай тұтқырлығының өзгеру диапазоны $\mu_m(P)$ мПа	$T_{қабат}$ және $P_{қанық}$ кезінде $\delta$ пропорционалдылық коэффициентін анықтау формуласы
1	$0 \leq \mu_m(P) \leq 5$	$\delta = 0,00114 [\mu_{қабат}(P_{қанық})]$
2	$5 \leq \mu_m(P) \leq 10$	$\delta = 0,057 + 0,023 [\mu_{қабат}(P_{қанық}) - 5]$
3	$10 \leq \mu_m(P) \leq 25$	$\delta = 0,171 + 0,031 [\mu_{қабат}(P_{қанық}) - 10]$
4	$25 \leq \mu_m(P) \leq 45$	$\delta = 0,643 + 0,045 [\mu_{қабат}(P_{қанық}) - 25]$
5	$45 \leq \mu_m(P) \leq 75$	$\delta = 1,539 + 0,058 [\mu_{қабат}(P_{қанық}) - 45]$
6	$75 \leq \mu_m(P) \leq 85$	$\delta = 3,286 + 0,100 [\mu_{қабат}(P_{қанық}) - 75]$

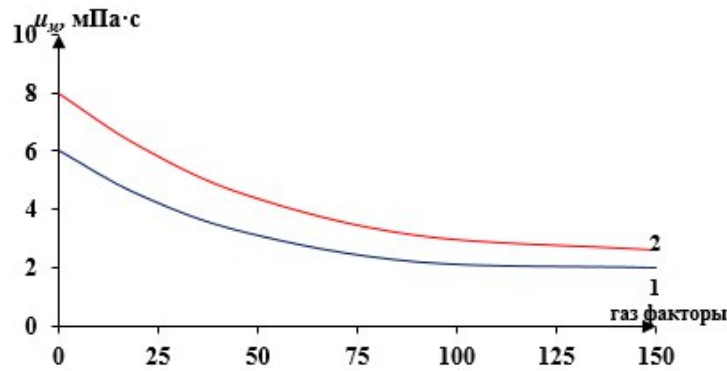


**2-сурет. Мұнайдың тұтқырлығының  $\mu_m$  қысымға тәуелділігі**

Мұнайдың тұтқырлығының  $\mu_m$  қысымға тәуелділігінің классикалық түрі 2-суретте көрсетілген.

Суреттен көріп тұрғанымыздай,  $P_{қабат}$  қабат қысымы  $P_{қанық}$  қанығу қысымынан жоғары болғанда, мұнайдың тұтқырлығының өзгеруі мұ-

най газсыздандырылатын  $P_{қабат} < P_{қанық}$  аймағына қарағанда аз қарқынды. Мұнайда еріген газдың мөлшері азайған сайын мұнайдың тұтқырлығы қарқынды өседі. 3-суретте мұнайдың тұтқырлығының әр түрлі температурада еріген газ мөлшерінен эмпирикалық тәуелділігі көрсетілген.



3-сурет. 1- T=60<sup>0</sup>C; 2- T=40<sup>0</sup>C температурасында еріген газ мөлшерінен  $\mu_m$  мұнай тұтқырлығының тәуелділігі

(1) және (2) формулаларында  $V_m$  арқылы белгіленген көлемді мұнай коэффициенті қабат жағдайындағы мұнай көлемінің стандартты жағдайдағы көлемге қатынасын білдіреді. Себебі қалыпты жағдайларда мұнайда еріген газ жоқ, сондықтан мұнай көлемі еріген газдың бірдей мөлшерінен аз болады. Сәйкесінше мұнайдың  $V_m$  көлемді коэффициенті қашан да бірліктен үлкен болады.  $V_m$  мұнайдың көлемді коэффициенті келесі теңдікпен анықталады [7 - 10]:

$$V_m = \frac{V_{m.қабат}}{V_{m.жағд}} \quad (6)$$

мұнда  $V_{m.қабат}$  және  $V_{m.жағд}$  – тиісінше, қабаттағы және қалыпты жағдайдағы мұнай көлемі. Қазақстан Республикасында есептеу формулаларында көлемдік коэффициент жоқ екенін атап өткен жөн, өйткені бұл формулаларда қалыпты жағдайлардағы мұнай көлемі қарастырылған.

Жоғарыда айтылғандардан, егер даму процесінде қабат қысымының төмендеуі байқалса және осы орайда қысым аймағында қысымнан төмен болса, көлемдік коэффициент азаяды және мұнайдың тұтқырлығы артады, сонымен қатар мұнаймен қаныққан қабат қалыңдығы азаяды. (1) және (2) формулалардағы көлденең мұнай ұңғымасының дебиті мен мұнайдың тұтқырлығы, көлемдік коэффициенті мен мұнайға қаныққан аралықтың қалыңдығы арасындағы тәуелділіктерден бұл параметрлердің өзгеруі мұнай дебитінің төмендеуіне әкелетінін көреміз. Осы өзгерістер кезінде мұнай шығынын сақтау үшін

оқпанның көлденең бөлігінің ұзындығын арттыру қажет. Мұндай ұзындықты осы жұмыста ұсынылған (4) формуламен анықтауға болады.

**Қорытынды.** Қорытындылай келе, авторлар қабаттық қысымның газбен қанығу қысымының шамасына дейін төмендеуімен тұтқырлық пен көлемдік коэффициенттің өзгеруі өте аз екенін және көлденең учаскенің ағымдағы ұзындығы  $L_k(t)$  негізінен мұнаймен қаныққан интервалдың қалыңдығының өзгеруімен алдын-ала анықталатынын және егер қабаттың мұнаймен қаныққан қалыңдығының өзгеруі шамалы болса, онда көлденең оқпанның ағымдағы ұзындығы бастапқы ұзындығынан сәл өзгеше болатындығын тағы бір мәрте атап өтеді.

Оқпанның көлденең бөлігінің ұзындығының едәуір өсуі қабаттың қысымы қанығу қысымынан төмен аймақта орын алады. Сондықтан көлденең ұңғымаларды қолдана отырып, шағын қорлары бар мұнай кен орындарын игеруді жобалау барысында, қабаттық қысымды ұстап тұру үшін айдау ұңғымаларын бұрғылау мұндай кен орындарын игерудің рентабельділігін күрт төмендеткен кезде,  $L_k(t)$  оқпанның көлденең бөлігінің ағымдағы ұзындығын анықтау кезінде кеуекті орта мен мұнай қасиеттерінің өзгеруін ескеру қажет.

Кен орнының сарқылуы жағдайында мұнай ұңғымасының көлденең учаскесінің ағымдағы ұзындығын салыстыру үшін аталған жұмыста жоғарыда аталған әдістерге келесі бастапқы мәндер қолданылды:  $R_k=400$  м;  $R_c=0,1$ м;  $k=0,15$  Дарси;  $V_m=1,25$  және 1,1;  $\mu_m=0,5$  и 1 мПа·с;

$Q_{көлд.м} = 300 \text{ м}^3/\text{тәул}$ ;  $h_2 = 25$  және  $30 \text{ м}$   $L_{көлд.}$

(1) және (2) формулалардағы көлденең мұнай ұңғымасының дебиті мен мұнайдың тұтқырлығы, көлемдік коэффициенті мен мұнайға қаныққан аралықтың қалыңдығы арасындағы тәуелділіктерден бұл параметрлердің өзгеруі оқпанның көлденең бөлігінің ұзындығының ұлғаюына әкелетінін көрсетеді. Мысалы, (4) формула бойынша  $Q_m = 300 \text{ м}^3/\text{тәул}$  кезінде мұнай тұтқырлығының  $\mu_m = 0,5$ -тен  $1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$  дейін артуында,  $L_{көлд}$  көлденең оқпанның ұзындығы  $553,2 \text{ м}$ -ден  $608,5 \text{ м}$ -ге дейін артады. Қабат қалыңдығының  $h = 25 \text{ м}$ -ден  $h = 30 \text{ м}$ -ге, яғни в  $1,2$  есе артуы,

$L_{көлд}$  көлденең оқпанның ұзындығын  $L_{көлд} = 713,9 \text{ м}$ -ден  $L_{көлд} = 608,5 \text{ м}$ -ге әкеледі.

Түп қысымы мұнайдың газбен қанығу қысымының шамасына дейін төмендеген кезде тұтқырлық пен көлемдік коэффициенттің өзгеруі өте аз болатындығы және көлденең учаскенің ағымдағы ұзындығы негізінен мұнаймен қаныққан интервалдың қалыңдығының өзгеруімен алдын-ала белгіленетіні анықталды. Сондықтан бастапқы деңгейде қабаттың дебиті мен депрессиясын сақтау үшін көлденең учаскенің ұзындығын көбейтіп отыру қажет.

### Әдебиеттер

1. Алиев З.С., Бондаренко В.В., Сомов Б.Е. Методы определения производительности горизонтальных нефтяных скважин и параметров вскрытых ими пластов. - М.: Изд. Нефть и газ, 2001. - С.15-18. ISBN: 5-7246-0162-1
2. Алиев З.С., Шеремет В.В. Определение производительности горизонтальных скважин, вскрывших газовые и газонефтяные пласты. - М.: Изд. Нефть и газ, 1995, С.64-68. ISBN 5-247-03534-8.
3. Алиев З.С., Сомов Б.Е., Чекушин В.Ф. Обоснование конструкции горизонтальных и многостволенно-горизонтальных скважин для освоения нефтяных месторождений. -М.: Издательство «Техника». ООО «ТУМА ГРУПП», 2001.-192 с. ISBN 5-93969-011-4
4. Сейтжанов С.С. Диссертация «Разработка методов обоснования производительности горизонтальных нефтяных скважин при различных формах зоны дренирования». – РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, 2011. - 144 с. URL: <https://www.dissercat.com>
5. Сейтжанов С.С., Сүлейменов Н.С., Ахметов Н.Х. Табаны сулы кенішті ашқан горизонталь оқпанды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімін анықтау әдістемесі //НЕФТЬ И ГАЗ . –2023. –№ 5 (137). - С.107-114. DOI: 10.37878/2708-0080/2023-5.06
6. Сейтжанов С.С., Сүлейменов Н.С., Танжариков П.А. Қарашығанақ мұнай кен орнындағы горизонтальды ұңғымалардың өнімділігіне әсер ететін факторлар //НЕФТЬ И ГАЗ. -2023. -№. 6 (138). -С.151-159. DOI: 10.37878/2708-0080/2023-6.14
7. Серикбаев Е.А., Сейтжанов С.С., Сулейменов Н.С., Танжариков П.А., Абильдаев Н.А. Көлденең оқпанның арасындағы арақашықтықтың мұнай ұңғымаларының өнімділігіне әсері // НЕФТЬ И ГАЗ. -2024. –№2 (140). -С.81-92 DOI: 10.37878/2708-0080/2024-2.08
8. Сейтжанов С.С., Сулейменов Н.С., Танжариков П.А., Құрбанов Н.А. Қабат анизотропиясының әртүрлі параметрлері кезіндегі горизонтальды оқпанның ассиметриялы орналасуының әсері // НЕФТЬ И ГАЗ. -2024. -№4 (142). -С.80-89. DOI: 10.37878/2708-0080/2024-4.06
9. Танжариков П.А., Тлеуберген А.Ж., Сулейменов Н.С. Төмен өнімді ұңғымаларды пайдалану әдістемелерін жетілдіру // НЕФТЬ И ГАЗ. -2022. -№. 2 (128). -С.104-116. DOI: 10.37878/2708-0080/2022-2.10
10. Сулейменов Н.С. Разработка оптимального состава наполнителя буровых растворов для заканчивания скважин с открытым стволом // НЕФТЬ И ГАЗ. -2022. -№. 5 (131). - С.52-60. DOI: 10.37878/2708-0080/2022-5.08

## References

1. Aliev Z.S., Bondarenko V.V., Somov B.E. Metody opredeleniya proizvoditel'nosti gorizonta'lnykh i skvazhinnykh parametrov vskrytykh imi plastov. - M.: Izd. Neft' i gaz, 2001. - S.15-18. ISBN: 5-7246-0162-1 [in Russian]
2. Aliev Z.S., Sheremet V.V. Opredelenie proizvoditel'nosti gorizonta'lnykh i skvazhinnykh parametrov vskrytykh gazovye i gazoneftjanye plasty. - M.: Izd. Neft' i gaz, 1995, S.64-68. ISBN 5-247-03534-8. [in Russian]
3. Aliev Z.S., Somov B.E., Chekushin V.F. Obosnovanie konstrukcii gorizonta'lnykh i mnogostvol'nykh gorizonta'lnykh skvazhin dlja osvoeniya neftjanykh mestorozhdenij. -M.: Izdatel' stvo «Tehnika». OOO «TUMA GRUPP», 2001.-192 s. ISBN 5-93969-011-4 [in Russian]
4. Sejtzhanov S.S. Dissertacija «Razrabotka metodov obosnovaniya proizvoditel'nosti gorizonta'lnykh neftjanykh skvazhin pri razlichnykh formah zony drenirovaniya». – RGU nefti i gaza (NIU) im. I. M. Gubkina, 2011. - 144 c. URL: <https://www.dissercat.com>
5. Sejtzhanov S'. S', Sylejmenov N'. S', Ahmetov N'. H'. Taban same weight kenishti ashkan gorizonta'lnykh okpandy mupaj uńgymasypyn shek they susy get opimip mother town adistemesi //NEFT" OF WEEDS . -2023. -№ 5 (137). - S.107-114. DOI: 10.37878/2708-0080/2023-5.06 [in Kazakh]
6. Seitjanov S.S., Suleimenov N. S., Tanjarikov P. A. Qarashyghanaq munay ken ornyndaygy tauly aimaqtardyn onimdiligine aser etetin faktorlar //NEFT" ARAMSHOPTERDEN. -2023. -№. 6 (138). - S.151-159. DOI: 10.37878/2708-0080/2023-6.14 [in Kazakh]
7. Serikbaev E.A., Seljanov S.S., Suleimenov N.S., Tanjarikov P.A., Abildaev N.A. Koldeneñ oqpanynyñ arasyndağy arakashyqyqyñyñ munashy urpaqtarynyñ onimdiligine aseri / / NEFT" OF WEEDS. -2024. -№2 (140). - S. 81-92 DOI: 10.37878/2708-0080/2024-2.08 [in Kazakh]
8. Seljanov S.S., Suleimenov N.S., Tanjarikov P.A., Minnesrbanov N.A. Kabat Anizotropiasy, minnesota, tirlı parametrleri, kezindegi gorizonta'lnykh, edinpanni, minnesota, ornaty, edinseri // NEFT" jáne Gaz. -2024. -№4 (142). - S.80-89. DOI: 10.37878/2708-0080/2024-4.06 [in Kazakh]
9. Tanjarikov P.A., Tileýbergen A.J., Suleimenov N.S., Tömen onimdi uńgymalardy paidalanu adistemelerin jetildiru // NEFT " jáne Gaz. -2022. -№. 2 (128). - S.104-116. DOI: 10.37878/2708-0080/2022-2.10 [in Kazakh]
10. Sulejmenov N.S.. Razrabotka optimal'noy sostavy napolnitel'nykh burovnykh rastvorov dlja zakanchivaniya skvazhin s otkrytym stvolom // NEFT" I GAZ. -2022. -№. 5 (131). - S.52-60. DOI: 10.37878/2708-0080/2022-5.08 [in Russian]

*Сведения об авторах*

Сейтжанов С.С. - доктор PhD, старший преподаватель образовательной программы «Инжиниринговые технологии» Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, e-mail: [seitzhanov\\_saken@mail.ru](mailto:seitzhanov_saken@mail.ru);

Сулейменов Н.С, к.т.н - Руководитель образовательной программы «Инжиниринговые технологии» Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, e-mail: [nurzhan\\_suleymen@mail.ru](mailto:nurzhan_suleymen@mail.ru);

Танжариков П.А, к.т.н, профессор образовательной программы «Инжиниринговые технологии» Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, e-mail: [pan\\_19600214@mail.ru](mailto:pan_19600214@mail.ru);

Досжанов М.Ж. - доктор технических наук, профессор кафедры «Инжиниринг и логистика» Кызылординский университет «Болашак», Кызылорда, Казахстан, e-mail: [doszhanov55@mail.ru](mailto:doszhanov55@mail.ru);

Тасболат Г.Ж. – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология и стандартизация» Казахский университет технологии и бизнеса» им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: [galymzhan\\_zh@mail.ru](mailto:galymzhan_zh@mail.ru).

*Information about the authors*

Seitzhanov S.S. - PhD, senior lecturer of the educational program "Engineering Technologies" Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, e-mail: [seitzhanov\\_saken@mail.ru](mailto:seitzhanov_saken@mail.ru);

Suleimenov N.S., Candidate of Technical Sciences - Head of the educational program "Engineering Technologies" Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, e-mail: nurzhan\_suleymen@mail.ru;

Tanzharikov P.A., PhD, Professor of the educational program "Engineering Technologies" Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, e-mail: pan\_19600214@mail.ru;

Doszhanov M.Zh. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering and Logistics, Kyzylorda Bolashak University, Kyzylorda, Kazakhstan, e-mail: doszhanov55@mail.ru;

Tasbolat G.Zh. - Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technology and Standardization, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: galymzhan\_zh@mail.ru.



## ЖАНУАРЛАР МАЙЛАРЫНЫҢ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ҚАСИЕТТЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ

К.Т.Охапова<sup>✉</sup>, Ж.К.Шуханова, В.П.Бондаренко, Г.Ф.Сагитова

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: nuri.maksim82@mail.ru

Коррозия процестерін зерттеу және металдарды коррозиядан қорғау әдістері мен қабаттарын жасау қазіргі таңда өзекті заманауи ғылыми-техникалық мәселелердің бірі болып табылады. Металлды коррозиядан қорғаудың кең тараған түрі- өндірістік жағдайларда агрессивті ортамен жанасатын металдар мен қорытпалардың коррозия жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік беретін ингибиторларды қолдану. Қазіргі уақытта экологиялық таза технологияларды пайдалана отырып, металдар мен қорытпаларды қорғауға арналған жануарлар майы шикізаты негізіндегі қол жетімді, улы емес және арзан коррозия ингибиторларын жасау «табиғи» химия саласындағы жетекші тенденциялардың бірі болып табылады.

Бұл жұмыста 1,0 моль/л агрессивті ортада СТЗ көміртекті болатқа жануар майының коррозияға қарсы тиімділігі гравиметриялық әдіспен зерттелді. Агрессивті орта ретінде тұзды және қышқылды ерітінділер алынған. Ингибитордың тиімділігі қалыпты стандартты орта жағдайында 0,5-2,0 г/л мөлшерінде зерттелген. Болат пластиналарының әртүрлі агрессивті ортада массасының жоғалуын негізге алып, жалпы 1 жылда кететін массалық шығынды есептей отырып, жануар майы қосылған ерітіндінің болат пластинасының коррозияға қарсы көрсеткішінің проценттік тиімділігі анықталды. Жоғары тиімділікке болат пластина бетіндегі ингибитордың өздігінен физисорбциялануы есебінен қол жеткізілетіндігі жатады. Нәтижесінде жануар майы болат пластиналарының бетінде жылтыр қорғаныс қабатын түзіп, оның массасының жоғалуына кедергі келтіретіндігі айқындалды. Сонымен қатар ингибитор концентрациясының жоғарылауы оның коррозияға қарсы тиімділігінің артуына алып келетіндігін анықтадық.

**Түйін сөздер:** ингибитор, коррозия, коррозия жылдамдығы, бұрғылау ерітіндісі, металдар, жануарлар майы, табиғи ингибиторлар.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

К.Т.Охапова<sup>✉</sup>, Ж.К.Шуханова, В.П.Бондаренко, Г.Ф.Сагитова

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,  
e-mail:nuri.maksim82@mail.ru

Исследование коррозионных процессов, разработка методов защиты металлов от коррозии относятся к актуальным современным научно-техническим проблемам. Распространенным видом защиты от коррозии металлов является применение ингибиторов, позволяющих снизить скорость коррозии металлов и сплавов при контакте с агрессивными средами в промышленных условиях. В настоящее время создание доступных, нетоксичных и недорогих ингибиторов коррозии на основе животного сырья для защиты металлов и сплавов с использованием экологически чистых технологий является одним из ведущих направлений в области «природной» химии.

В данной работе гравиметрическим методом исследована антикоррозионная эффективность животного жира к углеродистой стали СТЗ в агрессивной среде концентрацией 1,0 моль/л. В качестве агрессивной среды были получены чистые и кислые растворы. Эффективность ингибитора изучали в количестве 0,5-2,0 г/л при нормальных стандартных условиях окружающей среды. На основании потери массы стальных пластин в различных агрессивных средах и расчета общей потери массы за 1 год определена процентная эффективность показателя антикоррозионной защиты стальных пластин

в растворе с животным жиром. Установлено, что высокая эффективность достигается за счет физиосорбции ингибитора на поверхности стальной пластины. В результате установлено, что животный жир создает на поверхности стальных пластин глянцевый защитный слой, препятствующий потере их массы. В то же время увеличение концентрации ингибитора показало повышение антикоррозионной эффективности.

**Ключевые слова:** ингибитор, коррозия, скорость коррозии, буровой раствор, металлы, животный жир, природные ингибиторы.

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE ANTI-CORROSION PROPERTIES OF ANIMAL FATS

K.O.Okhapova , Zh.K. Shukhanova, V.P. Bondarenko, G.F. Sagitova

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,  
e-mail:nuri.maksim82@mail.ru

The study of corrosion processes, the development of methods for protecting metals from corrosion are among the urgent modern scientific and technical problems. A common type of protection against metal corrosion is the use of inhibitors that reduce the rate of corrosion of metals and alloys when in contact with aggressive environments in industrial conditions. Currently, the creation of available, non-toxic and inexpensive corrosion inhibitors based on animal raw materials for the protection of metals and alloys using environmentally friendly technologies is one of the leading areas in the field of "natural" chemistry.

In this paper, the anticorrosive efficiency of animal fat for carbon steel CT3 in an aggressive environment with a concentration of 1.0 mol / l was studied using a gravimetric method. Pure and acidic solutions were obtained as an aggressive environment. The inhibitor efficiency was studied in an amount of 0.5-2.0 g / l under normal standard environmental conditions. Based on the mass loss of steel plates in various aggressive environments and the calculation of the total mass loss for 1 year, the percentage efficiency of the anti-corrosion protection indicator of steel plates in a solution with animal fat was determined. It was found that high efficiency is achieved due to the physiosorption of the inhibitor on the surface of the steel plate. As a result, it was found that animal fat creates a glossy protective layer on the surface of the steel plates, preventing their mass loss. At the same time, an increase in the concentration of the inhibitor showed an increase in anti-corrosion efficiency.

**Keywords:** inhibitor, corrosion, corrosion rate, drilling mud, metals, animal fat, natural inhibitors.

**Кіріспе.** Дүние жүзінде коррозия жыл сайын орасан зор шығындарға әкеп соғады. Ол қымбат тұратын технологиялық жабдықтар мен құрылғылардың тоздырып және олардың жарамсыз күйге түсуіне алып келеді (әлемде жылына металдың 20%-ға дейіні коррозиялық қалдықтарға «кетеді»). Айта кететін болсақ, мұнай және газ өндірістерінде қолданылатын коррозияға ұшыраған жарамсыз құрылғылар мен жабдықтар технологиялық процестердің тоқтап қалуына, оларды ауыстыру барысында мұнай мен газдың ағып кетуі салдарынан орын алатын үлкен көлемді шығындар мен экологиялық зардаптарға алып келеді. Дүние жүзі бойынша коррозиядан болатын экономикалық залалды көрсететін ресми статистика жоқ, бірақ кейбір бағалаулар бойынша бұл

жалпы шығындар көлемінің кемінде 5% құрайды [1].

Коррозия – қоршаған ортамен химиялық, электрохимиялық немесе физика-химиялық әсерлесу нәтижесінде металдар мен қорытпалардың өздігінен бұзылуы. Коррозияның себебі құрылымдық материалдардың олармен жанасатын ортадағы заттардың әсеріне термодинамикалық тұрақсыздығы болып табылады [2].

Коррозиялық процестер олардың орналасқан ортасына байланысты алуан түрлілігімен сипатталады. Сондықтан, көптеген ғылыми мектептер мен әртүрлі компаниялар коррозия зақымдануының әртүрлі классификаторларын қолданса да, тоттану жағдайларының бірыңғай және жанжақты жіктелуі анықталмаған. Атап айтқанда,

бұзылу процесі жүретін агрессивті орталардың түріне қарай коррозияны келесі түрлерге бөлуге болады: газды коррозия, атмосфералық коррозия, электролиттердегі коррозия, жер асты коррозиясы, биокоррозия, кезбе токтардың әсерінен болатын коррозия [3].

Мұнай-газ өнеркәсібіндегі коррозияның ең көп тараған түрі болат металдары сулы ортамен жанасқанда және тот басқанда пайда болатын коррозия. Металға коррозиялық ерітінді (электролит) әсер еткенде, анодтағы металл атомдары электрондарын жоғалтады, содан кейін бұл электрондар катодтағы басқа металл атомдарымен жұтылады. Катод электролит арқылы анодпен жанаса отырып, олардың оң және теріс зарядтарын теңестіруге тырысып, бұл алмасуды жүзеге асырады. Оң зарядталған иондар электролитке шығарылады және теріс зарядталған атомдардың басқа топтарымен байланыса алады [4].

Мұнай-газ өнеркәсібіндегі коррозияның әсерін жеңілдету шаралары. Мұнай кен орындарындағы коррозия проблемалары статикалық құбылыс емес. Сұйықтық сипаттамалары уақыт өте өзгереді, бұл жүйелер коррозияны азайтудың белгіленген бағдарламаларына сезімталдықты төмендетеді. Мұнай және газ өндірісінде коррозияның алдын алу және оны бақылау саласында келесі техникалық мүмкіндіктерді жатқызуға болады: катодтық және анодтық қорғаныс; материалды таңдау; химиялық мөлшерлеу; ішкі және сыртқы жабындарды қолдану кіреді. Мұнай және газ өнеркәсібінде коррозияны тиімді басқару активтердің тұтастығын сақтауға және зардаптарды азайтуға, бақылау және тексеру шығындарын оңтайландыруға көмектесетіні дәлелденген. Алайда бұл құбылыстардың алдын алу үшін көптеген әдістер ұсынылған [5,6].

Металдарды коррозиядан қорғаудың негізгі тәсілдерінің бірі ингибиторларды қолдану арқылы коррозиялық ортаның белсенділігін төмендету болып табылады. Металл бетінде беттік жабын түзе отырып, олар коррозияның жойылу жылдамдығын төмендетеді, қорғалған металл мен агрессивті орта арасындағы физикалық кедергіге айналады. Соңғы жылдары өсімдік және жануарлар майлары шикізаттары негізінде жаңа тиімді

коррозия ингибиторларын дайындауға қызығушылық артып келеді [7].

Коррозия ингибиторларын қолдану. Коррозия ингибиторлары - жеткілікті концентрацияда агрессивті ортамен молекулалық деңгейде өзара әрекеттесетін, оның металл беттеріне әсерін айтарлықтай әлсірететін немесе бейтараптандыратын химиялық зат немесе заттардың қоспасы. Олар металдардың бетіне сіңіп, бірігуі арқылы немесе қоршаған ортадағы ластануды тудыруы мүмкін қоспалармен әрекеттесу арқылы қорғайды. Коррозия ингибиторлары бірнеше жолмен әрекет ете алады: ол металл бетіндегі белсенді қабат пайда болатын пассивті аймаққа енуі арқылы жай ғана блоктау арқылы анодтық немесе катодтық процестің жылдамдығын шектей алады. Ол сондай-ақ металдың табиғи оксидті қабықша пайда болатын пассивация аймағына енуі үшін металдың беткі потенциалын арттыру арқылы әрекет етуі мүмкін. Кейбір ингибиторлардың әрекет етуінің тағы бір тәсілі - ингибиторлық қосылыс коррозия процесін тежейтін беттік қабатың пайда болуына ықпал етеді [8].

Қазіргі уақытта ең көп қолданылатын коррозия ингибиторларының құрамында бейорганикалық және органикалық қосылыстардың кешені бар. Өте жоғары тиімділігіне қарамастан, оларды пайдалану қоршаған ортаға және адам денсаулығына өте жағымсыз әсер етеді, сонымен қатар сақтау, пайдалану және өндіру жағдайларына қауіпсіздік талаптарының жоғарылауымен бірге жүретін қымбат көп сатылы синтездік технологиялармен байланысты. Қазіргі таңда зерттеушілер белсенді түрде қоршаған ортаға зиянсыз, қол жетімді және оңай өндірілетін коррозияға қарсы ингибиторларды іздестіруде. Өсімдік және жануарлар майлары дәстүрлі синтетикалық ингибиторларға қарағанда қауіпсіз және экологиялық таза балама болып табылады және оларды бұрғылау құбырларын коррозиядан қорғау үшін пайдалану өндірістік процестердің қоршаған ортаға теріс әсерін одан әрі азайтуға көмектеседі [9].

**Материалдар мен әдістер.** Болат пластиналар. Сынақтар СТЗ маркалы көміртекті болат пластиналарында (ГОСТ 535-2005) жүргізілді. Химиялық құрамы (масса%): С – 0.22, Mn – 0.65,

Si – 0.3, P – 0.04, S – 0.05, Cr – 0.3, Ni – 0.3, Cu – 0.3, N – 0.01, As – 0.08, қалғандары – Fe.

Коррозиялық орта. Бұл жұмыста келесі ерітінділер дайындалды:

№1 – тазартылған су;

№2 - тазартылған су + 5% NaCl;

№3 - тазартылған су + 5% NaCl + сірке қышқылы;

№4 - тазартылған су + 5% NaCl + сірке қышқылы + 0,5% жануар майы;

№5 - тазартылған су + 5% NaCl + сірке қышқылы + 1,0% жануар майы;

№6 - тазартылған су + 5% NaCl + сірке қышқылы + 1,5% жануар майы;

№7 - тазартылған су + 5% NaCl + сірке қышқылы + 2,0% жануар майы.

Болат пластиналарының массасын жоғалту (гравиметриялық) әдісімен өлшеніп, анықталды. Өлшемдері 25 x 50 x 5 мм болат пластиналар жылтыр болғанша тегістеу қағазымен (120-1200 тор) мұқият тазартылған. Содан кейін олар бидистилденген сумен, спиртпен, ацетонмен жуылып, ауада кептірілді. Пластиналар I типті штангенциркульдердің көмегімен өлшенді (ЩЦ-1-150-0,1, дәлдік класы 2, ± 0,1 мм), ANG60G AXIS профессионалды 5-00295 (± 0,1 мг) аналитикалық таразыда өлшенді және коррозиялық ортаға орналастырылды. Сынақтар модификацияланған жануар майы қосылған және қосылмаған 100 мл коррозиялық ортасы бар стақандарда жүргізілді. Белгіленген экспозиция уақытынан кейін пластиналар ағынды су астында орташа қатты полимер қышқылары бар щетканы пайдаланып, оңай бөлінетін коррозия өнімдерінен тазартылды. Бөлінуі қиын коррозия өнімдері пластинаны бөлме температурасында 10 минут бойы 3,5 г/л уротропині бар тұз қышқылының 1:1 ерітіндісінде ұстау арқылы жойылды [10]. Содан кейін пластиналар сумен, спиртпен және ацетонмен жуылып, ауада кептірілді және ±0,1 мг дәлдікпен аналитикалық таразыда қайта өлшенеді. Коррозияның орташа жылдамдығы  $v_{cp}$  г/м<sup>2</sup>·сағ әсер ету кезінде болат пластиналардың салмақ жоғалтуымен анықталды

және келесі формуламен есептелді:

$$V_{кор} = \frac{365 \cdot (m_1 - m_2)}{S \cdot t \cdot \rho}, \text{ мкм/жыл} \quad (1)$$

мұндағы  $m_1$  – тәжірибеге дейінгі болат пластинасының массасы, г;

$m_2$  – тәжірибеден кейінгі болат пластинасының массасы, г;

$S$  – үлгі бетінің ауданы, м<sup>2</sup>;

$t$  – экспозиция уақыты, сағат;

$\rho$  – болат пластинасының тығыздығы, г/см<sup>3</sup>.

**Нәтижелер мен талқылау.** Модельдік ерітінділерді зерттеу нәтижесінде тәжірибенің бүкіл кезеңінде (15 күн) реагент ерітіндісіне жануар майын енгізу кезінде коррозияның төмендеуі байқалғаны анықталды.

Ерітінділердің коррозияға қарсы қасиеттерін нақты салыстыру үшін 1-суретте 15 күннен кейін ерітінділерден алынған пластиналардың фото суреттері көрсетілген (1-сурет).

Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері 1-кестеде көрсетілген. 3-суретте Коррозия жылдамдығының жылдық көрсеткіші келтірілген.

Тәжірибе нәтижелеріне сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады:

1. №1, № 2 және № 3 болат пластиналарда коррозия өнімдерінің қабаты пайда болды. Стақандағы агрессивті ортаның түсі қызғылт-сары түске боялған, сұйықтықта коррозия қалдықтарынан тұратын тұнба түзген. 2-суретте болат пластиналарды агрессивті ортадан алғаннан кейінгі, қағаз бетінде коррозия іздерін қалдырғанын байқаймыз және болат пластиналардың беткі қабаттарында коррозия қалдықтарын көреміз.

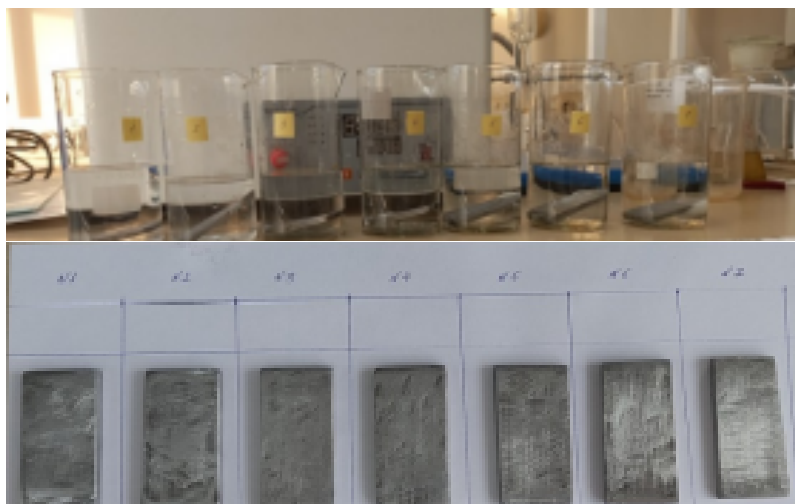
2. № 4, № 5, № 6 және № 7 болат пластиналарда металл коррозиясының іздері көзбен анықталмайды, беті тегіс, жылтыр стақандағы сұйықтық ашық түсті. Ал, болат пластиналарымыздың бетін жұқа майлы қабат жауып тұр.

3. Ерітіндіге 2% жануар майын қосқанда коррозияға қарсы қабат ең төзімді болып шықты.

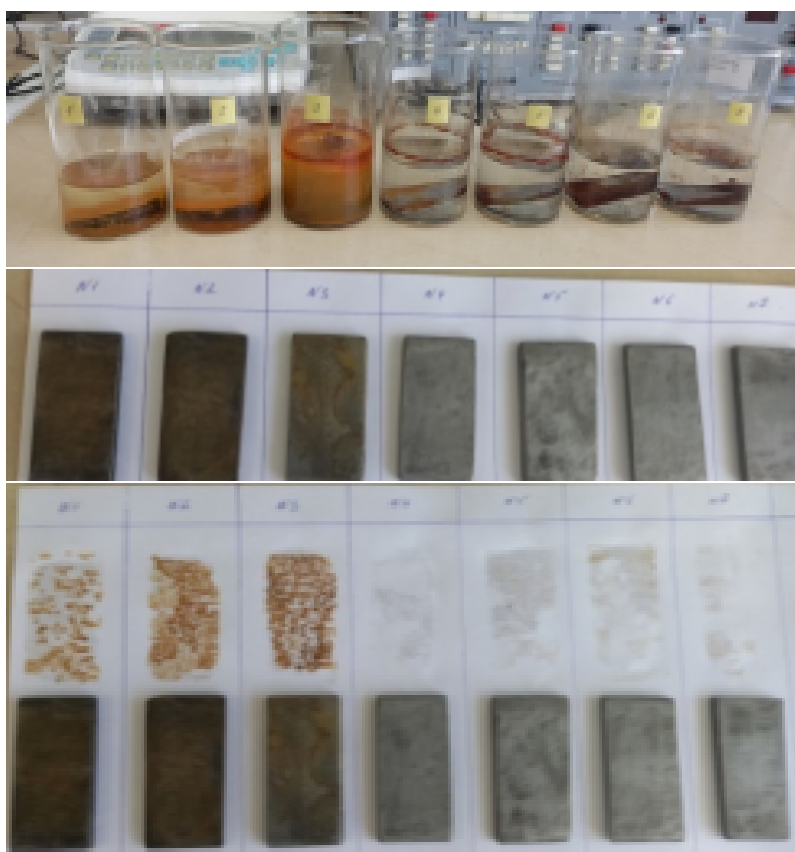
Тежеу қабілетін бағалауға арналған гравиметриялық сынақтар нәтижесі бойынша коррозия-

ның орташа жылдамдығы мен металл үлгілерінің салмақ жоғалтуы арасындағы тәуелділіктен (3-сурет) жануар майының коррозияға қарсы ингибиторлық қасиеті 94% -дан астам екенін көрсетті.

Тәжірибелер стандартты температурада статикалық жағдайда жүргізілгеніне және онда оттегі коррозиясы анықталғанына қарамастан, зерттелген модификацияланған жануар майын, коррозияға қарсы қасиетке ие деп айтуға болады.



1- сурет. Болат пластиналарын агрессивті ортаға салғанға дейінгі көрінісі

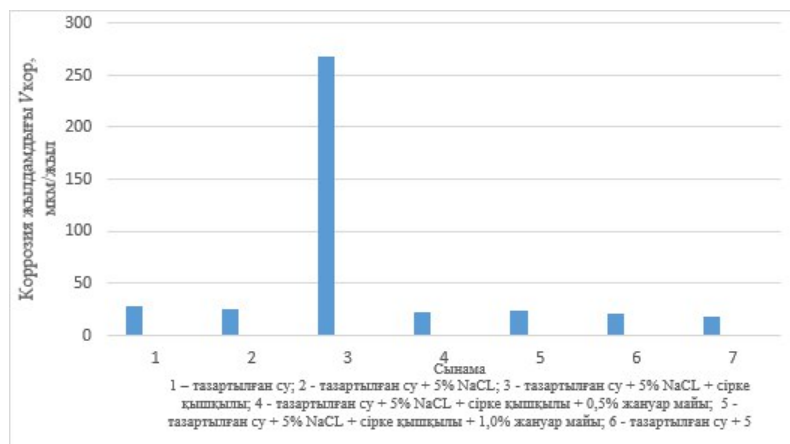


2-сурет. Болат пластиналарының агрессивті ортада 15 тәулік ішінде коррозияға ұшырауының көрінісі



## 1-кесте. Жануарлар майы негізіндегі реагенттерінің коррозияға қарсы қасиеттері

Сынама №	Зертелетін ерітінді	Пластинаның бастапқы массасы, г	Тәжірибедегі пластинаның массасы, г	Пластинаның беттік ауданы, м <sup>2</sup>	Тәжірибе жүргізу уақыты, таул.	Болат пластинаның тығыздығы, г/см <sup>3</sup>	Коррозия жылдамдығы, V <sub>кор</sub> , мкм/жыл
	2	3	4	5		7	8
1	Тазартылған су	46,0334	45,9817	0,325	5	7,8	28,29
2	Тазартылған су +5% NaCl;	46,4344	46,3879	0,0.325	5	7,8	25,44
3	Тазартылған су +5% NaCl + сірке қышқылы;	46,1212	45,6328	0,0.325	5	7,8	267,73
4	Тазартылған су + 5% NaCl+ сірке қышқылы + 0,5 % жануар майы;	45,2805	45,2389	0,0.325	5	7,8	22,76
5	Тазартылған су + 5% NaCl+ сірке қышқылы + 1,0 % жануар майы;	45,6406	45,5972	0,0.325	5	7,8	24,02
6	Тазартылған су + 5% NaCl+ сірке қышқылы + 1,5 % жануар майы;	46,2007	46,1633	0,0.325	5	7,8	20,46
7	Тазартылған су + 5% NaCl+ сірке қышқылы + 2,0 % жануар майы;	41,3432	41,3111	0,0.325	5	7,8	17,56

3 - сурет. Коррозия жылдамдығы, V<sub>кор</sub>, мкм/жыл

**Қорытынды.** Жануарлар майының коррозияға қарсы қасиеттерін тәжірибелік зерттеуде олардың болат пластиналар қабатында беттік эрекеттік зат түзіп, пластиналар массасының жоғалуын төмендетіндігін көрсетті. Осылайша, жануарлар майын экологиялық таза майлаушы қоспа ретінде және бұрғылау құбырларының коррозияға қарсы қасиеттерін жақсарту үшін пайдаланып қана қоймай, сонымен қатар оларды коррозиядан қорғау мақсатында коррозия ингибиторы ретінде ұсынуға болады.

### Әдебиеттер

1. Джаббаров Ш.Н. Современные проблемы коррозионной стойкости комплексов подземного оборудования для добычи нефтепродуктов// Инновационные технологии в науке и образовании: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. ЦНС «Интерактив плюс» Чебоксары.- 2016.- № 3.- С.172-179. DOI 10.21661/r-112617
2. Ropus I., Cajner H., Curcovic L. Optimization of density of microwave sinte ceramics due to the corrosion in nitric acid// 10 International Conference «Mechanical Technologies and Structural Materials»// Split Croatia, 2021.- P.139- 143. ISSN 1847-7917
3. Popoola L.T. Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): A critical review// Corr. Reviews.- 2019. - P.71-102. DOI 10.1515/corrrev-2018-0058
4. Козлов, В.А. Основы антикоррозионной защиты металлов: учеб. пособие//Иван. Гос. хим.–технол. ун-т.-Иваново, 2014. – с.177. ISBN 978-5-9616-0473-3
5. Roberge PR: Handbook of corrosion engineering. New York: McGraw-Hill.- 2000.- 1139 p. ISBN 0-07-076516-2
6. Oyelami B.O., Asere A.A. Mathematical modelling: An application to corrosion in a petroleum industry. NMC Proceedings Workshop on Environment. Abuja, Nigeria. National Mathematical Centre, 1999. - P. 48-66. <https://www.researchgate.net/publication/252065867>
7. Штырев О. О. Причины разрушения тела бурильных труб в процессе эксплуатации и преимущества бурильных труб с внутренним защитным покрытием//Территория Нефтегаз.- 2014.-№12.- С.90-92.
8. Perez T.E. Corrosion in the Oil and Gas Industry: An Increasing Challenge for Materials // JOM.- 2013.- Vol.65(8) - P.1033-1042. DOI 10.1007/s11837-013-0675-3
9. Меркулов В.В., Акмалова И.М., Алмазов А.И., Ситдикова Е.В., Гавва Н.Ф. Метод получения поверхностно-активных веществ на основе различного жирового сырья// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – №12. – С. 117-121. DOI 10.17513/mjpf.13494
10. Mehdipour M., Ramezanzadeh B., Arman S. Y. Electrochemical noise investigation of Aloe plant extract as green inhibitor on the corrosion of stainless steel in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>// Journal of Industrial and Engineering Chemistry.- 2015.-Vol.21.- P. 318-327. DOI 10.1016/J.JIEC.2014.02.041

### References

1. Dzhabbarov Sh.N. Sovremennye problemy korrozionnoj stojkosti kompleksov podzemnogo oborudovaniya dlja dobychi nefteproduktov// Innovacionnye tehnologii v nauke i obrazovanii: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. CNS «Interaktiv pljus» Cheboksary.- 2016.- № 3.- S.172-179. DOI 10.21661/r-112617. [in Russian]
2. Ropus I., Cajner H., Curcovic L. Optimization of density of microwave sinte ceramics due to the corrosion in nitric acid// 10 International Conference «Mechanical Technologies and Structural Materials»// Split Croatia, 2021.- P.139- 143. ISSN 1847-7917

3. Popoola L.T. Organic green corrosion inhibitors (OGCIs): A critical review// Corr. Reviews.- 2019. - P.71-102. DOI 10.1515/corrrev-2018-0058
4. Kozlov, V.A. Osnovy antikorroziionnoj zashhity metallov: ucheb. posobie//Ivan. Gos. him.–tehnol. un-t.-Ivanovo, 2014. – s.177. ISBN 978-5-9616-0473-3. [in Russian]
5. Roberge PR: Handbook of corrosion engineering. New York: McGraw-Hill.- 2000.- 1139 p. ISBN 0-07-076516-2
6. Oyelami B.O., Asere A.A. Mathematical modelling: An application to corrosion in a petroleum industry. NMC Proceedings Workshop on Environment. Abuja, Nigeria. National Mathematical Centre, 1999. - P. 48-66. <https://www.researchgate.net/publication/252065867>
7. Shtyrev O. O. Prichiny razrusheniya tela buril' nyh trub v processe jekspluatacii i preimushhestva buril' nyh trub s vnutrennim zashhitnym pokrytiem//Territorija Neftegaz.- 2014.-№12.- S.90-92. [in Russian]
8. Perez T.E. Corrosion in the Oil and Gas Industry: An Increasing Challenge for Materials // JOM.- 2013.- Vol.65(8) - P.1033-1042. DOI 10.1007/s11837-013-0675-3
9. Merkulov V.V., Akmalova I.M., Almazov A.I., Sitdikova E.V., Gavva N.F. Metod polucheniya poverhnostno-aktivnyh veshhestv na osnove razlichnogo zhirovogo syr' ja// Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental' nyh issledovanij. - 2022.- №12.- S.117-121. DOI 10.17513/mjpf.13494. [in Russian]
10. Mehdipour M., Ramezanzadeh B., Arman S.Y. Electrochemical noise investigation of Aloe plant extract as green inhibitor on the corrosion of stainless steel in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>// Journal of Industrial and Engineering Chemistry.- 2015.-Vol.21.- P. 318-327. DOI 10.1016/J.JIEC.2014.02.041

***Авторлар туралы мәлімет***

Охапова К.Т.- докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан, e-mail: nuri.maksim82@mail.ru;

Шуханова Ж. К.- PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан, e-mail: shuhanovaz@mail.ru;

Бондаренко В.П.-техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан, e-mail;

Сагитова Г. Ф.- техника ғылымдарының кандидаты, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан, e-mail: guzalita.f1978@mail.ru.

***Information about the author***

K. Okhapova- PhD student, M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, e mail: nuri.maksim82@mail.ru;

Zh. Shukhanova – PhD, docent, M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: shuhanovaz@mail.ru;

V. Bondarenko - Candidate of technical sciences, Assoc. professor M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan, e mail: vbond2011@mail.ru;

G. Sagitova - Candidate of technical sciences, professor ,M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan; e mail: guzalita.f1978@mail.ru.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДРОБЛЕНИЯ РУДЫ ПРИ СКВАЖИННОЙ ОТБОЙКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MICROMINE МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖОЛЫМБЕТ****А.Ә. Қазбек, Д.К. Ахметканов<sup>✉</sup>, Е.Х. Абен, С.С. Мырзахметов**

Satbayev University, Алматы, Казахстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university)

В ходе исследования, направленного на повышение качества дробления руды при скважинной отбойке с использованием программы Micromine, возникли некоторые вызовы, не зависящие от инженера по буровзрывным работам. В частности, отсутствовала литологическая блочная модель, необходимая для точного моделирования, которую геологическая служба не смогла предоставить. Также геомеханический отдел сообщил о невозможности составления блочной модели, а программное обеспечение ShotPlus не поддерживало формат, предложенный для создания модели. Для решения данных проблем изначально проводились исследования по оценке возможностей улучшения параметров дробления руды при скважинном бурении. В частности, исследование направлено на изучение эффективности программы Micromine в условиях отсутствия литологической блочной модели и невозможности использования ПО ShotPlus для создания геомеханической модели. В связи с этим было принято решение о предоставлении информации в письменной и графической формах после картирования. Несмотря на эти ограничения, использование программы Micromine позволило достичь улучшения параметров дробления руды.

Преимущества исследования включают оптимизацию сетки бурения и снижение объемов буровых работ, что подтверждает эффективность выбранного подхода. Однако следует критически рассмотреть и возможные недостатки, такие как ограниченность применения методов без полноценной литологической модели и несовместимость с другим программным обеспечением.

**Ключевые слова:** скважинное бурение, дробление руды, Micromine, геомеханическая модель, ShotPlus, литологическая блочная модель.

**ЖОЛЫМБЕТ КЕНОРНЫН MICROMINE БАҒДАРЛАМАСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ҰНҒЫМАЛЫҚ УАТУ КЕЗІНДЕ КЕНДІ ҰСАҚТАУ САПАСЫН АРТТЫРУ****А.Ә. Қазбек, Д.К. Ахметканов<sup>✉</sup>, Е.Х. Абен, С.С. Мырзахметов**Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university)

Зерттеу барысында Micromine бағдарламасын қолдану арқылы ұнғыма жарылыстарымен кенді ұсақтау сапасын арттыруға бағытталған жұмыстар жүргізілді. Бұл мақсатты жүзеге асыру барысында бұрғылау-жарылыс жұмыстары инженері тәуелсіз кейбір қиындықтарға тап болды. Атап айтқанда, геологиялық қызмет литологиялық блоктық модельді ұсына алмады, ал геомеханикалық бөлім блоктық модель құрастыру мүмкін емес деп мәлімдеді. Сонымен қатар, ShotPlus бағдарламалық жасақтамасы геомеханикалық бөлімнің ойластырған форматындағы блоктық модельді қолдамады, және ShotPlus өкілдері олардың бағдарламасы блоктық геомеханикалық модель үшін арналмағанын хабарлады. Бұл мәселелерді шешу үшін бастапқыда ұнғымалық бұрғылау кезінде кенді ұсақтау параметрлерін жақсарту мүмкіндіктерін бағалау бойынша зерттеулер жүргізілді. Атап айтқанда, зерттеу литологиялық блоктық модель болмаған жағдайда Micromine бағдарламасының тиімділігін және геомеханикалық модель жасау үшін ShotPlus қолданбасын пайдалану мүмкін етігін зерттеуге бағытталған. Қалыптасқан жағдайға байланысты геомеханикалық қызметтің ақпаратын карталаудан кейін жазбаша және графикалық түрде ұсыну туралы шешім қабылданды. Осы шектеулерге қарамастан, Micromine бағдарламасын қолдану кенді ұсақтау параметрлерін жақсартуға мүмкіндік берді, бұл технологияны қолданудың тиімділігін дәлелдейді.

Зерттеудің артықшылықтары бұрғылау торын онтайландыруды және таңдалған тәсілдің тиімділігін растайтын бұрғылау жұмыстарының көлемін азайтуды қамтиды. Дегенмен, толық литологиялық модельсіз әдістерді қолданудың шектелуі және басқа бағдарламалық құралмен үйлесімсіздік сияқты ықтимал кемшіліктерді де сыни тұрғыдан қарастыру керек.

**Түйін сөздер:** ұңғыма жарылыстары, кенді ұсақтау, Micromine, геомеханикалық модель, ShotPlus, литологиялық блоктық модель.

## IMPROVING THE QUALITY OF ORE CRUSHING DURING DOWNHOLE EXTRACTION USING THE MICROMINE PROGRAM OF THE ZHOLYMBET DEPOSIT

A. Kazybek, D. Akhmetkanov<sup>✉</sup>, E. Aben, S. Myrzakhmetov

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

This study aimed to enhance ore fragmentation quality during blast hole drilling using the Micromine software. During the implementation of this goal, several challenges arose that were beyond the control of the drilling and blasting engineer. Specifically, the absence of a lithological block model from the geological department was a significant obstacle. Furthermore, the geomechanical department reported that creating a block model was not feasible, and the ShotPlus software did not support the format initially intended by the geomechanical team. ShotPlus representatives also confirmed that their software was not designed for geomechanical block modeling. To solve these problems, studies were initially conducted to assess the possibilities of improving ore crushing parameters during downhole drilling. In particular, the study is aimed at studying the effectiveness of the Micromine program in the absence of a lithological block model and the inability to use ShotPlus software to create a geomechanical model. Given this situation, it was decided to provide the geomechanical information in written and graphical forms after mapping. Despite these limitations, the use of Micromine software allowed for improvements in ore fragmentation parameters, confirming the effectiveness of this technology.

The advantages of the study include optimization of the drilling grid and reduction of drilling volumes, which confirms the effectiveness of the chosen approach. However, possible disadvantages should also be critically considered, such as the limited use of methods without a full-fledged lithological model and incompatibility with other software.

**Keywords:** blast hole drilling, ore fragmentation, Micromine, geomechanical model, ShotPlus, lithological block model.

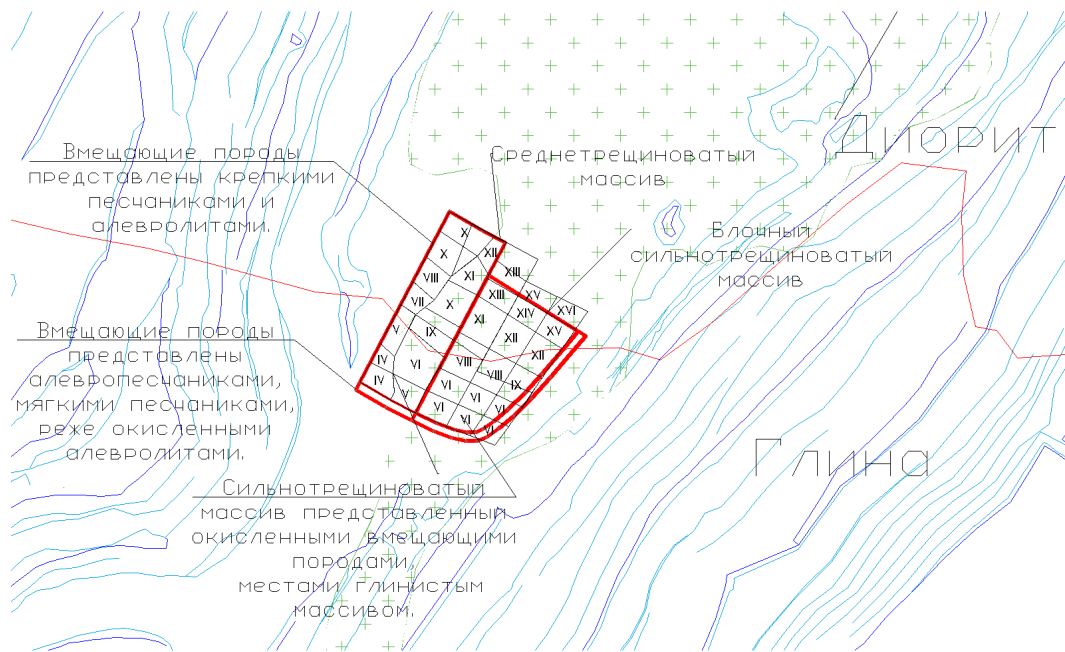
**Введение.** В последние годы повышение эффективности дробления руды при скважинной отбойке стало ключевой задачей для горнодобывающих предприятий [1]. Это связано с необходимостью улучшения экономических показателей и повышения качества конечного продукта. Технологии моделирования, такие как программа Micromine, предлагают возможности для оптимизации параметров буровзрывных работ (БВР). На основе данной программы можно решать большой комплекс геологоразведочных задач, возникающих при проектировании горнорудных предприятий. Наиболее распространенными задачами являются статистический анализ геологической информации, автоматизация

процессов обработки и интерпретации данных геологической разведки [2,3]. Однако внедрение этих технологий сталкивается с рядом вызовов, включая отсутствие литологической блочной модели и ограничения в использовании программного обеспечения, предназначенного для создания геомеханических моделей [4,5].

**Материалы и методы.** Основной целью данного исследования является оценка возможностей улучшения параметров дробления руды при скважинном бурении, несмотря на существующие ограничения.

В рамках данного исследования использовались следующие методы и инструменты:





**Рис. 1 – Повышение уровня выполнения БВР и использование геотехнической блочной модели (при составлении БВР) для улучшения параметров карьера проекта Жолымбет**

1. Программное обеспечение: Основным инструментом для моделирования и анализа данных стала программа Micromine. Micromine — это интегрированное программное обеспечение для геологического и горнодобывающего моделирования, которое предоставляет инструменты для анализа и визуализации геологических данных, проектирования рудников и оптимизации процессов добычи. Сочетание геологического моделирования с технологиями оптимизации делает Micromine мощным инструментом для повышения эффективности подземных выемочных добычных единиц [6,7]. Данная программа позволяет выполнять моделирование без необходимости использования литологической блочной модели.

2. Процесс работы: Для моделирования и оптимизации параметров буровзрывных работ была использована информация, полученная в результате картирования и последующего анализа геомеханических данных. Поскольку от-

сутствовала возможность создания полноценной блочной модели, информация была предоставлена в письменной и графической формах, что позволило корректировать параметры на основе фактических данных [8].

3. Экспериментальные параметры: В процессе работы были произведены расчеты линии наименьшего сопротивления для блока 270\_007, на основании которых была разработана экспериментальная сетка бурения. Также были учтены данные по отклонению фактических расположений пробуренных скважин, что позволило провести корректировки в проектировании (рисунок 1,2,3).

Одной из важнейших характеристик взрывных работ является расчетный удельный расход ВВ, который зависит от свойств горной породы.

Для любой породы по категории трещиноватости и коэффициенту крепости  $f$  расчетный удельный расход ( $q_p$ , кг/м<sup>3</sup>) ВВ для зарядов

рыхления при диаметре заряда определяется по формуле [9]:

$$qr = qэ \cdot e \cdot kd \cdot \rho / 2600, \text{ кг/м}^3 \text{ (1)}$$

где  $qэ$  - эталонный расход граммонита 79/21 при кондиционном размере кусков 500 мм,  $\text{кг/м}^3$  (таблица 1);

$e$  - коэффициент работоспособности ВВ (таб-

лица 2). Для упругих типов

ВВ  $e = 4316/Q$ , где  $Q$  – удельная энергия применяемого ВВ, Дж/кг;

$kd$  - поправочный коэффициент на допустимый размер куска (таблица 3);

$\rho$  - плотность породы,  $\text{кг/м}^3$ .

**Таблица 1 - Эталонный расход ВВ при крепости породы**

Эталонный расход граммонита 79/21 для кондиционного куска 0,5 м Категория трещиноватости породы	Эталонный расход ВВ при крепости породы $f$ , $\text{кг/м}^3$		
	2 ÷ 5	6 ÷ 10	11 ÷ 20
I	< 0,3	< 0,35	< 0,45
II	0,4	0,5	0,6
III	0,65	0,75	0,9
IV	0,85	1	1,2
V	1	1,2	1,4

**Таблица 2 - коэффициент работоспособности ВВ**

Значение поправочного коэффициента $e$ для различных ВВ	$e$	ВВ	$e$
Акватол М-15	0,76	Акватол МГ	0,93
Граммонал А-45	0,79	Акватол АВМ	0,95
Карбатол ГЛ-10В	0,79	Гранулит АС-4 (АС-4В)	0,98
Граммонал А-8	0,80	Аммонит № 6ЖВ	1,00
Аммонит скальный N1	0,80	Граммонит 79/21	1,00
Аммонал скальный N3	0,80	Ифзанит Т-80	1,08
Детонит М	0,82	Граммонал А-50	1,10
Алюмотол	0,83	Ифзанит Т-60	1,10
Гранулит АС-8 (АС-8В)	0,89	Гранулит М	1,13
Аммонал водоустойчивый	0,90	Игданит	1,13
		Гранулотол	1,20

**Таблица 3 - поправочный коэффициент на допустимый размер куска**

Поправочный коэффициент на допустимый размер куска ( $d_{max}$ ) Допустимый размер куска $d_{max}$ , м	0,250	0,500	0,750	1,0	1,25	1,5
$kd$	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

1. Удельный расход при крепости 10-12 и средней трещиноватости массива.

$$qp = 0,9 * 1,2 * 1,0 * \frac{2710}{2600} = 1,125/3$$

2. Удельный расход при крепости 8-10 и средней трещиноватости массива.

$$qp = 0,75 * 1,2 * 1,0 * \frac{2520}{2600} = 0,8723/3$$

3. Удельный расход при крепости 5-8 и сильной трещиноватости массива.

$$qp = 0,5 * 1,2 * 1,0 * \frac{2520}{2600} = 0,58/3$$

По выбранным значениям диаметра заряда (dз), расчетного удельного расхода ВВ вычисляются параметры скважинных зарядов.

1. Вместимость 1 м скважины рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \Delta,$$

где Δ - плотность ВВ в скважине, кг/м<sup>3</sup>.

$$P = 3,14 * 0,13 * 0,13 * 850 / 4 = 11,28 \text{ кг/м}^3$$

2. Предельная линия сопротивления по подош-

ве уступа W<sub>n</sub> определяется по формулам:

$$Wn = 0.9 \sqrt{\frac{P}{qp}}, Wn = 24d \sqrt{\frac{\Delta}{qp}}$$

2.1 Предельная линия сопротивления по подошве уступа W<sub>n</sub> при крепости 10-12 и средней трещиноватости массива

$$Wn = 0.9 \sqrt{\frac{11,28}{1,125}} = 2,85$$

2.2 Предельная линия сопротивления по подошве уступа W<sub>n</sub> при крепости 8-10 и средней трещиноватости массива

$$Wn = 0.9 \sqrt{\frac{11,28}{0,8723}} = 3,24$$

2.3 Предельная линия сопротивления по подошве уступа W<sub>n</sub> при крепости 5-8 и сильной трещиноватости массива

$$Wn = 0.9 \sqrt{\frac{11,28}{0,58}} = 5,79$$

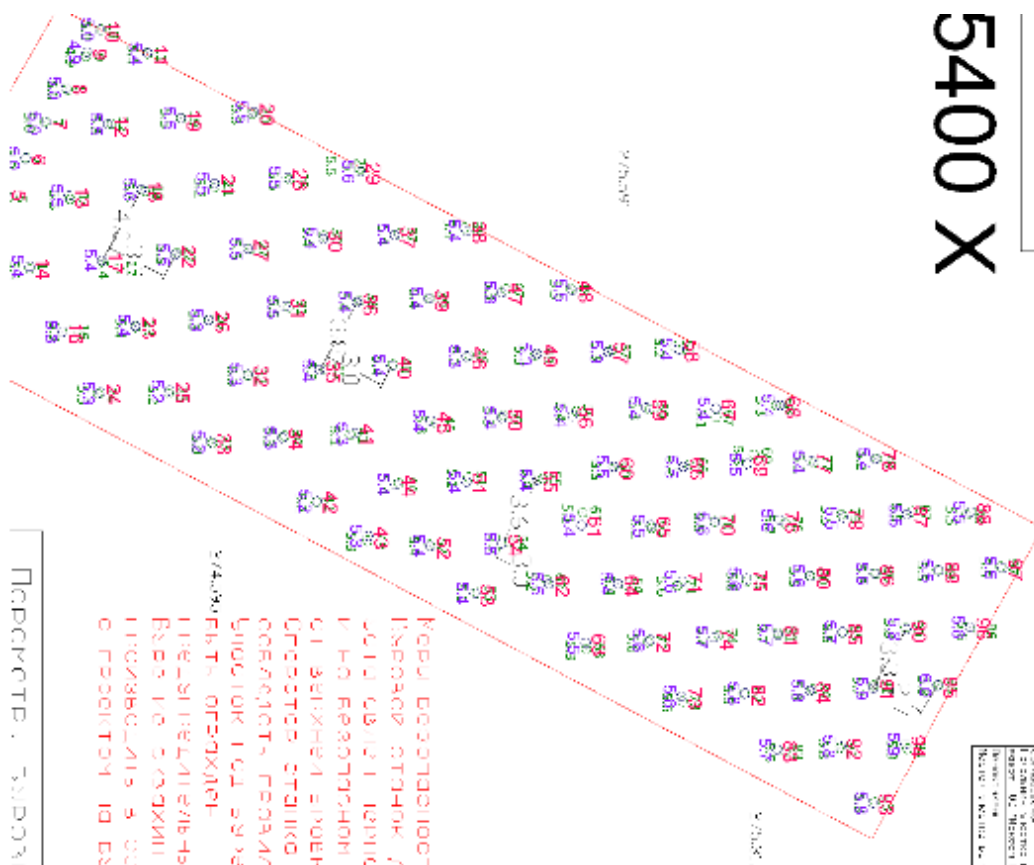


Рис. 2 - Проект массового взрыва блок 270-007

3. В зависимости от величины  $W_n$  определяется расстояние между скважинами в ряду между парами парносближенных скважин первого ряда  $a$  (м) и между рядами скважин  $b$  (м):

$$a = mW_n, \quad b = (0,8 \div 1)W_n,$$

где  $m = 0,8 \div 1,1$  для вертикальных скважин;

$m = 0,9 \div 1,3$  для наклонных скважин.

Для данного блока принимаются следующие расстояния между скважинами в ряду:

$$a = 3,3 \text{ м}$$

$$a = 3,6 \text{ м}$$

$$a = 3,8 \text{ м}$$

$$a = 4,0 \text{ м}$$

Расстояния между рядами скважин:

$$b = 2,7 \text{ м}$$

$$b = 3,0 \text{ м}$$

При применении в первом ряду парносближенных скважин расстояние между скважинами во втором и последующих рядах и между рядами скважин определяют в зависимости от  $W_n$  вычисленной для условий одиночной скважины.

Получив все параметры БВР расчетным методом, далее проектируем в Micromine проект на бурение блока (таблица 4). Так же продемонстрировано отклонение фактических расположений пробуренных скважин [10,11,12]

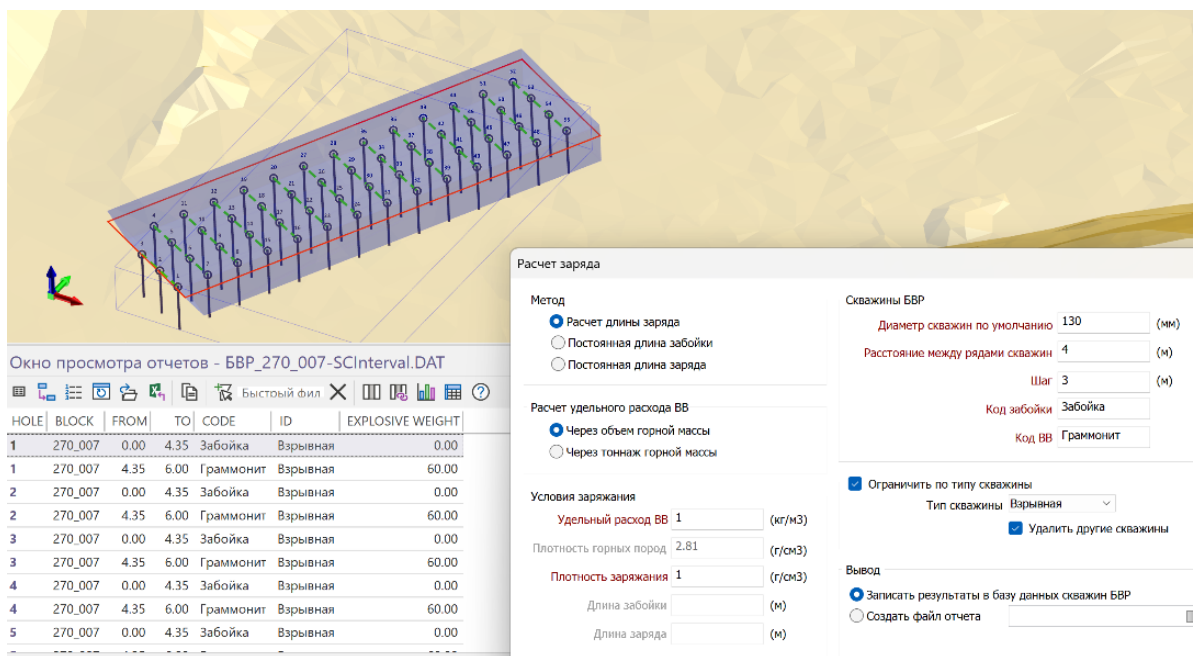


Рис. 3 - Создание схемы скважин БВР по полигону



Рис. 4 – Качество взрыва на визуальный осмотр

Таблица 4 – Сравнительная таблица результатов проведенных буровзрывных работ

Наименование	Ед. изм.	Проект стандартный, без использование геотехнических данных	Использование геотехнических данных	Разница +/-
Общее количество скважин	шт	116	97	-19
Количество рядов скважин	шт	19	19	
Диаметр скважин	мм	130	130	
Средняя глубина скважин	м	5,4	5,4	
Величина перебура	м	0,5;0,0	0,5;0,0	
Сетка скважин	м x м	2,7x3,3	4x3; 3,8x3; 3,6x3; 3,3x2,7	
Объем буровых работ	п.м.	628,6	526,2	-102,4
Объем горной массы	м <sup>3</sup>	4691	4691	
Выход горной массы	п.м./скв.	7,4	8,9	1,5
Угол наклона скважин	град.	-90	-90	

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследования показали, что использование программы Micromine позволило значительно улучшить параметры дробления руды. В частности, экспериментальный блок 270\_007 продемонстрировал успешные результаты, которые были достигнуты благодаря корректировке параметров БВР на основе расчетов линии наименьшего сопротивления. Сравнение с результатами, полученными без использования геотехнических данных, показало следующие изменения:

- Общее количество скважин уменьшилось на 19 единиц.
- Объем буровых работ сократился на 102,4 п.м., что указывает на повышение эффективности использования ресурсов.
- Выход горной массы на одну скважину увеличился на 1,5 п.м./скв., что свидетельствует о более эффективном дроблении руды.

Таким образом, использование программы Micromine способствовало улучшению основных параметров буровзрывных работ, несмотря на отсутствие полноценной блочной модели (рисунок 4).

Четко видно границу литологии, так же отсутствуют некондиционные куски горной массы

в частях блока, где применялась расширенная сетка бурения.

Преимущества исследования включают оптимизацию сетки бурения и снижение объемов буровых работ, что подтверждает эффективность выбранного подхода. Однако следует критически рассмотреть и возможные недостатки, такие как ограниченность применения методов без полноценной литологической модели и несовместимость с другим ПО, что могло повлиять на точность моделирования.

**Выводы.** В ходе исследования была продемонстрирована эффективность программы Micromine в улучшении параметров дробления руды при скважинном бурении. Несмотря на отсутствие литологической блочной модели и несовместимость с ShotPlus, Micromine позволила разработать альтернативный подход к буровзрывным работам. Оптимизация сетки бурения и расчеты линии наименьшего сопротивления способствовали снижению количества скважин и объема буровых работ, повышая общую эффективность. Программа также учитывала геомеханические и геологические особенности, что улучшило стабильность подачи материала и соответствие экологическим нормам.



## Литература

1. Malanchuk Z.R., Fedotenko V.S., E. Aben, Orynbaev B.A. Improving efficiency of rock breaking using pre-weakening of rock mass//Eurasian Mining.- 2023.-Vol.40(2).-P. 62-65  
DOI 10.17580/em.2023.02.13
2. Мельниченко И.А., Кожухов А.А., Омельченко Д.Р., Мосейкин В.В. Построение трехмерной модели месторождения с использованием принципов блочного моделирования и искусственных нейронных сетей// Горный информационно-аналитический бюллетень.-2022.-№ 10.-С.5-19.  
DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_10\_0\_5
3. Федорова С.В., Кожевников Д.Н. Информационные технологии в горном деле //XXI ВЕК. Техносферная безопасность.-2024.- №9(3).- С.216-224. DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-3-216-224
4. Modis, K., Valakas, G., & Sideri, D. (2023). Geostatistics and Ore Reserves Estimation [Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions. DOI10.57713/kallipos-203
5. Wellmann, Florian & Caumon, Guillaume. (2018). Chapter One-3-D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties//Advances in Geophysics.-2018.-Vol. 59. - P. 1-121.  
DOI 10.1016/bs.agph.2018.09.001
6. Лесонен М. В., Сень М. С. Использование блочной модели для технико-экономической оценки месторождений ТПИ (на примере открытого способа отработки) // Экономика. -2010. - С. 85–86.
7. Шульга Е.С. Чем порадует 2018 год пользователей программы Micromine // Золото и технологии. -2017. - № 4 (38).- С. 50–53.
8. Д.К. Ахметканов, Л.Е. Тяп, Е.Х. Абен, М. Елузах Оптимизация численности и качественных характеристик подземного выемочного оборудования с применением программного обеспечения Micromine //Вестник Казахский университет технологии и бизнеса. -Астана, 2024, - №2(23). -С. 420-428. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-319
9. Вохмин С.А., Курчин Г.С., Кирсанов А.К., Шкаруба Н.А. Расчёт параметров буровзрывных работ при строительстве подземных горных выработок. Монография. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. -180 с. ISBN: 978-5-7638-4481-8
10. Разработка методики проектирования буровзрывных работ на открытых горных выработках с применением ГГИС Micromine. URL: <https://www.micromine.kz/2023-5-release/>
11. Катанов И.Б., Сысоев А.А. Буровзрывные работы на карьерах. Учебное пособие. Издательство: Инфра-Инженерия, 2021. -208 с. ISBN: 978-5-9729-0757-1 URL:<https://www.labyrinth.ru/books/807059/>
12. Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. Разрушение крепких пород зарядом взрывчатого вещества каркасно-ступенчатого действия // Вестник Казахский университет технологии и бизнеса.-2024.-№1(22).- С. 286-292. DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-286

## References

1. Malanchuk Z.R., Fedotenko V.S., E. Aben, Orynbaev B.A. Improving efficiency of rock breaking using pre-weakening of rock mass//Eurasian Mining.- 2023.-Vol.40(2).-P. 62-65  
DOI 10.17580/em.2023.02.13
2. Mel' nichenko I.A., Kozhuhov A.A., Omel' chenko D.R., Mosejkin V.V. Postroenie trehmernoј modeli mestorozhdenija s ispol' zovaniem principov blochnogo modelirovaniја i iskusstvennyh nejronnyh setej// Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'.-2022.-№ 10.-S.5-19.  
DOI 10.25018/0236\_1493\_2022\_10\_0\_5. [in Russian]

3. Fedorova S.V., Kozhevnikov D.N. Informacionnye tehnologii v gornom dele //XXI VEK. Tehnosfernaja bezopasnost'.-2024.- №9(3).- S.216-224. DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-3-216-224. [in Russian]
4. Modis, K., Valakas, G., & Sideri, D. (2023). Geostatistics and Ore Reserves Estimation [Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions. DOI10.57713/kallipos-203
5. Wellmann, Florian & Caumon, Guillaume. (2018). Chapter One-3-D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties //Advances in Geophysics.-2018. -Vol. 59. - P. 1-121. DOI 10.1016/bs.agph.2018.09.001
6. Lesonen M. V., Sen' M. S. Ispol' zovanie blochnoj modeli dlja tehniko-jekonomicheskoj ocenki mestorozhdenij TPI (na primere otkrytogo sposoba otrabotki) // Jekonomika. -2010. - S. 85–86. [in Russian]
7. Shul' ga E.S. Chem poraduet 2018 god pol' zovatelej programmy Micromine // Zoloto i tehnologii. -2017. - № 4 (38).- S. 50–53. [in Russian]
8. D.K. Ahmetkanov, L.E. Tjan, E.H. Aben, M. Eluzah Optimizacija chislenosti i kachestvennyh harakteristik podzemnogo vyemochnogo oborudovaniya s primeneniem programmnoho obespecheniya Micromine //Vestnik Kazahskij universitet tehnologii i biznesa. -Astana, 2024, - №2(23). -S. 420-428. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-319. [in Russian]
9. Vohmin S.A., Kurchin G.S., Kirsanov A.K., Shkaruba N.A. Raschjot parametrov burovzryvnyh rabot pri stroitel' stve podzemnyh gornyh vyrabotok. Monografija. - Krasnojarsk: Sibirskij federal' nyj universitet, 2022. -180 s. ISBN: 978-5-7638-4481-8. [in Russian]
10. Razrabotka metodiki proektirovaniya burovzryvnyh rabot na otkrytyh gornyh vyrabotkah s primeneniem GGIS Micromine. URL: <https://www.micromine.kz/2023-5-release/>[in Russian]
11. Katanov I.B., Sysoev A.A. Burovzryvnye raboty na kar' erah. Uchebnoe posobie. Izdatel' stvo: Infra-Inzhenerija, 2021. -208 s. ISBN: 978-5-9729-0757-1. URL: <https://www.labyrinth.ru/books/807059/>. [in Russian]
12. Igbaev T.M., Ahmetkanov D.K. Razrushenie krepkih porod zarjadom vzryvchatogo veshhestva karkasnostupenchatogo dejstviya // Vestnik Kazahskij universitet tehnologii i biznesa.-2024.-№1(22).- S. 286-292. DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-286. [in Russian]

#### *Сведения об авторах*

Казбек А.Э. – магистрант Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: Abulaikhan93@mail.ru;

Ахметканов Д.К. – канд. техн. наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university;

Абен Е.Х. - канд. техн. наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: y.aben@satbayev.university;

Мырзахметов С.С. - канд. техн. наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: s.myrzakhmetov@satbayev.university.

#### *Information about the authors*

Kazybek A. – undergraduate student Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Abulaikhan93@mail.ru;

Akhmetkanov D. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university;

Aben Y. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: y.aben@satbayev.university;


Myrzakhmetov S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.myrzakhmetov@satbayev.university.

## КҮРДЕЛІ ЖАҒДАЙЛАРДА ҰНҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ҚАЛДЫҚТАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІЛЕРІ

<sup>1</sup>С.М. Ерменов, Г.М. <sup>2</sup>Эфендиев, <sup>1</sup>А.С.Садырбаева , <sup>1</sup>М.К. Жантасов, <sup>1</sup>С.Е. Байботаева

<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

<sup>2</sup>Әзірбайжан Республикасының Мұнай және газ институты, Баку, Әзірбайжан

 Корреспондент-автор: a.sadyrbaeva@mail.ru

Бұрғылау жұмыстарының тиімділігі мен сапасын арттыру мәселесі жаңа мұнай-газ аумақтарын ашуды және белгілі аудандарда үлкен тереңдікті игеруді көздейді. Үлкен тереңдікке ұнғымаларды бұрғылау, әдетте, тау-кен геологиялық жағдайларының күрделенуінен туындаған айтарлықтай қиындықтарды тудырады, бұл бірінші кезекте жоғары және төмен сұйықтық (флюид) қысымы бар аралықтарды қамтиды. Ұнғымаларды күрделі жағдайларда бұрғылау тиісті бұрғылау ерітінділерін қолдануды талап етеді. Заманауи бұрғылау ерітінділері әртүрлі қымбат химиялық реагенттер мен материалдардан тұратын қымбат, көп компонентті жүйелер болып табылады.

Ғылыми жарияланымдарда көрсетілген мәліметтер ұнғымаларды бұрғылауда өнеркәсіптік қалдықтардың технологиялық функцияларында үнемділікті, экологиялықты сақтауға мүмкіндік беретін және географиялық тұрғыдан тиімді болатын түрлерін қолдануға байланысты мәселелердің жеткіліксіз зерттелгенін көрсетеді. Бұл мәселені әдеби тұрғыдан талқылаудың жеткіліксіздігі зерттеуді тұжырымдау мен жүзеге асыруда белгілі бір қиындықтар туғызады. Осыған сүйене отырып, бұл мақала әртүрлі қалдықтарды бұрғылау ерітінділеріне қоспалар ретінде пайдалану бойынша зерттеулерге шолу жасауға арналған.

**Түйін сөздер:** ұнғымаларды бұрғылау, бұрғылау ерітіндісі, реологиялық қасиеттері, ұнғыма оқпанының тұрақтылығы, сазды ерітінді, соапсток.

## БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>С.М. Ерменов, <sup>2</sup>Г.М. Эфендиев, <sup>1</sup>А.С.Садырбаева , <sup>1</sup>М.К. Жантасов, <sup>1</sup>С.Е.Байботаева

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

<sup>2</sup>Институт нефти и газа Азербайджанской Республики, Баку, Азербайжан,  
e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru

Проблема повышения эффективности и качества буровых работ предполагает открытие новых нефтегазоносных территорий и освоение все больших глубин в известных районах. Бурение скважин на большие глубины, как правило, сопряжено с существенными трудностями, вызванными осложнением горно-геологических условий, к которым, в первую очередь, относятся интервалы с аномально высокими (АВПД) и низкими давлениями (АНПД) флюидов. Бурение скважин в осложненных условиях требует использования соответствующих буровых растворов. Современные буровые растворы представляют собой дорогостоящие, многокомпонентные системы с большим содержанием различных дорогостоящих химических реагентов и материалов.

Сведения, отраженные в научных публикациях, свидетельствуют о недостаточной проработке вопросов, связанных с применением в бурении скважин промышленных отходов, которые позволили бы при их технологических функциях сохранить экономичность, экологичность и были бы выгодными с географической точки зрения. Недостаточность литературной проработки данного вопроса создает определенные трудности при постановке и реализации исследований. Исходя из этого, настоящая статья посвящена обзору исследований различных отходов на предмет использования их в качестве добавок к буровым растворам.

**Ключевые слова:** бурение скважин, буровой раствор; реологические свойства, устойчивости ствола скважины, глинистый раствор, соапсток.

## WASTE-BASED DRILLING FLUIDS FOR DRILLING WELLS IN DIFFICULT CONDITIONS

S.M. Yermenov, G.M. Afandiyev, A.S.Sadyrbaeva , M.K. Zhantasov, S.E. Baibotaeva<sup>1</sup>M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,<sup>2</sup>Institute of oil and gas of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,  
e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru

The problem of improving the efficiency and quality of drilling operations involves the discovery of new oil and gas-bearing territories and the development of ever greater depths in known areas. Drilling wells to great depths, as a rule, is associated with significant difficulties caused by the complication of mining and geological conditions, which, first of all, include intervals with abnormally high and low fluid pressures. Drilling wells in complicated conditions requires the use of appropriate drilling fluids. Modern drilling fluids are expensive, multicomponent systems with a high content of various expensive chemicals and materials.

The information reflected in scientific publications indicates insufficient elaboration of issues related to the use of industrial waste in drilling wells, which would allow their technological functions to preserve efficiency, environmental friendliness and would be beneficial from a geographical point of view. The lack of literary elaboration of this issue creates certain difficulties in the formulation and implementation of research. Based on this, this article is devoted to a review of studies of various wastes for their use as additives to drilling fluids.

**Keywords:** drilling of wells, drilling mud; rheological properties, stability of the borehole, clay solution, soapstock.

**Кіріспе.** Бұрғылау жұмыстарының тиімділігі мен сапасын арттыру мәселесі жаңа мұнай-газ аумақтарын ашуды және белгілі аудандарда үлкен тереңдікті игеруді көздейді. Үлкен тереңдікке ұңғымаларды бұрғылау, әдетте, тау-кен геологиялық жағдайларының күрделенуінен туындаған айтарлықтай қиындықтарды тудырады, бұл бірінші кезекте жоғары және төмен сұйықтық (флюид) қысымы бар аралықтарды қамтиды. Күрделі жағдайларда ұңғымаларды бұрғылау тиісті бұрғылау ерітінділерін қолдануды талап етеді. Заманауи бұрғылау ерітінділері әртүрлі қымбат химиялық реагенттер мен материалдардан тұратын қымбат, көп компонентті жүйелер болып табылады.

Егерде тапшы шикізат болып табылатын 1 тонна қымбат реагенттердің құнын ескеретін болсақ, оларды арзан реагентпен алмастыру бұрғылау ерітінділерін дайындау шығындарын, сондай-ақ, бұрғылау құнын едәуір төмендетеді, нәтижесінде ұңғымаларды салудың техникалық-экономикалық тиімділігін арттырады. Осыған байланысты қалдықтар негізінде бұрғылау ерітінділерінің жаңа құрамдарын жасау өзекті мәселе болып табылады.

Өнеркәсіптік қалдықтарға негізделген бұрғы-

лау ерітінділерін пайдалану мәселесі осы уақытқа дейін жеткілікті түрде өңделмеген. Күрделі жағдайларда ұңғымаларды бұрғылау тиісті бұрғылау ерітінділерін қолдануды талап ететіндігі белгілі. Заманауи бұрғылау ерітінділері әртүрлі құнды химиялық реагенттер мен материалдардан тұратын қымбат, көп компонентті жүйелер болып табылады. Егер тапшы шикізат болып табылатын 1 тонна қымбат реагенттердің құнын ескеретін болсақ, оларды арзан реагентпен ішінара алмастыру бұрғылау ерітінділерін дайындау шығындарын, сондай-ақ бұрғылау құнын едәуір төмендетеді, нәтижесінде ұңғымаларды бұрғылаудың техникалық-экономикалық тиімділігін арттырады.

Қол жетімді, арзан, экологиялық таза бұрғылау ерітінділері негізінде ерітінділердің жаңа құрамдарын әзірлеу қажет. Осы уақытқа дейін жинақталған зерттеулер өнеркәсіптік қалдықтарды қолдану мүмкіндіктерін бағалау бойынша әрекеттер жасалынуда. Алайда, бұл бағыттағы әдеби ақпараттың жеткіліксіздігі оларды бұрғылау ерітінділеріне қоспалар ретінде сәтті қолдану мүмкіндігін шектейтінін атап өткен жөн. Сондықтан, белгілі бір қалдықтарды зерттеуге

кіріспес бұрын, ғылыми әдебиеттерде көрсетілген қолдану нәтижелерімен танысу және талдау қажет. Жарияланған жұмыстарға шолу кейінгі зерттеу жұмыстарының тұжырымы мен бағытын негіздеуге мүмкіндік береді.

Ұсынылып отырған мақалада жоғарыда келтірілгендерге сүйене отырып, әдеби материалдар мен оларда баяндалған ережелерді талдау негізінде терең ұңғымаларды бұрғылау үшін қалдықтарды шикізат ретінде қолдануға негізделген бұрғылау ерітінділерінің құрамын таңдау мәселесінің қазіргі жағдайын бағалау негізгі мақсат болып табылады. Мақала шолу түрінде болғандықтан, оның негізгі міндеті – күрделі жағдайларда ұңғымаларды сәтті бұрғылау үшін бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен түрін таңдаудағы ғылыми мәселенің зерттелу деңгейін көрсету, қарастырылып отырған мәселе бойынша осы уақытқа дейін жинақталған зерттеулерге сыни баға беру және осы жұмыстарға негізделген қорытындылар жасау.

Ұңғымаларды бұрғылау кезіндегі қиындықтар. Бұрғылау кезінде мамандардың алдында тұрған негізгі мәселелердің бірі - бұрғылау ерітінділерін сіңіру, ұңғыма оқпанының тұрақтылығын жоғалту. Сондықтан бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен параметрлерін таңдағанда, алдымен ұңғымаларды бұрғылау процесі жүзеге асырылатын геологиялық жағдайлар бағаланады.

**Материалдар мен әдістер.** Ұңғымада болатын механизмдер мен процестер тұрғысынан ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығын жоғалтуға байланысты қиындықтар магистральдық аймақтың жыныстарында шекті жағдайдың пайда болуы нәтижесінде болады. Геологиялық жағдайларды және олардың теріс процестерге әсерін шамамен былайша жіктеуге болады: ашылатын қабаттардың жоғары өткізгіштігі, табиғи қабаттардың ашылуы және жаңа жарықтардың пайда болуы, кавернаның пайда болуы, ұңғыма оқпанының тарылуы, жыныстардың пайда болуы, төгілуі, құлауы болып табылады [1, 2, 3]. Зерттеушілер бұл құбылыстардың себептерін көбінесе механикалық деп бөледі (мысалы, жоғары кернеулерге, тау жыныстарының беріктігінің төмендігіне немесе бұрғылаудың дұрыс

емес тәжірибесіне байланысты ұңғыманың айналасындағы тау жыныстарының бұзылуы), тау жыныстары, әдетте саздар мен бұрғылау ерітіндісі арасындағы бұзылатын өзара әрекеттесу нәтижесінде пайда болатын химиялық әсерлер. Көбінесе тұрақсыздық жағдайлары химиялық және механикалық факторлардың жиынтығының нәтижесі болып табылады. Бұл мәселе ұңғымада ауыр қиындықтарды тудырады және кейбір жағдайларда қымбат салдарға әкелуі мүмкін. Кен орындарын игеруді жоспарлау кезеңінде ұңғыма оқпанының тұрақтылығын талдауға деген қажеттіліктің артуы экономикалық ойларға және үлкен ауытқуы бар ұңғымаларды, сондай-ақ, көлденең ұңғымаларды кеңінен қолдануға байланысты болады. Бірқатар жұмыстарда ұңғыма оқпанының тұрақсыздығының жіктелуі, себептері, көрсеткіштері және диагностикасы, сондай-ақ, ұңғыма оқпанының кернеулі күйінің моделі келтірілген [4, 5, 6, 7].

Аталған себептерге байланысты әртүрлі қиындықтар бұрғылау жылдамдығының және жалпы техникалық-экономикалық көрсеткіштердің төмендеуіне әкеліп соқтырады, олардың салдарын жоюға көп қаражат жұмсауды талап етеді, сондықтан бұл мәселе әрдайым зерттеушілердің назарында болады. Қиындықтарды болжау мәселесінің шешімдерінің сенімділігі ұңғыманың бөлінуі туралы геологиялық ақпараттың толықтығы мен сенімділігіне де, ықтимал қиындықтардың пайда болуын болжауды әдістемелік қамтамасыз ету деңгейіне де байланысты болады.

Тау жыныстары зерттеу нысаны ретінде ұңғыманы бұрғылау басталғанға дейін тау және қабат қысымынан туындаған күрделі шиеленісті күйде болады. Ұңғыманың тау жыныстарын ашуы оны қоршап тұрған массивтегі кернеулердің өзгеруімен қатар жүреді. Сонымен қатар, ең үлкен өзгерістер ұңғыманың қабырғасын құрайтын тау жыныстарында байқалады. Уақыт бойынша тұрақты табиғи кернеулер бұрғылау ерітіндісінің ауыспалы қысымымен ауыстырылады, оның температурасы ұңғыманы қоршап тұрған тау жыныстарының температурасына тең емес және уақыт бойынша да өзгереді. Сонымен қатар, бұрғылау ерітіндісінің қабырға жыныстарымен және қаны-



ктыратын сұйықтықпен физикалық-химиялық әрекеттесуі болады. Мұның барлығы ұңғыманың қабырғаларын құрайтын тау жыныстарының механикалық қасиеттерінің уақыт өте келе өзгеруіне әкеледі. Мысалы, тау жыныстарының беріктік сипаттамалары ұзақ мерзімді беріктіктің өзгеру заңдылықтарына сәйкес өзгереді.

Тау жыныстары біртекті еместігімен ерекшеленеді, бұл оның барлық сипаттамаларының кең өзгеруіне әкеледі. Сондықтан оңтайлы технологиялық шешімдерді іздеуді тек тау жыныстарының қасиеттерін қолдана отырып жүргізуге болады.

Бұрғылау кезіндегі қиындықтармен шектелген қима аралықтары, әдетте, кеуекті жыныстардан тұрады. Тау жыныстарының қабаттық (кеуекті) қысымы мен кеуектілігінің ұңғыманы ашу кезіндегі әрекет ету тәсілдеріне әсері айқын және көптеген зерттеушілер мойындайды, бірақ олардың әсерін есепке алу әдістемелік тұрғыдан пысықталмаған. Көптеген жұмыстар ұңғымалардың тұрақтылығын зерттеу мәселелеріне арналған. Атап айтқанда, жұмыстарда [7,8] ұңғыманың геомеханикалық сипаттамалары мен тұрақтылығын есептеудің математикалық негіздемесі келтірілген. Бұрғылау мәселелерін шешу үшін геомеханикалық модель құру процесі жұмыста сипатталған. Тау жыныстарының қасиеттері көбінесе бұрғылау кезінде проблемалардың себептерінің бірі болып табылады, бұл уақыттың тиімсіз шығындарына, қаражаттың жоғалуына, кейде тіпті ұңғыманы жоюға әкеледі.

Жалпы, жарияланған жұмыстарға негізделген тұрақтылықтың жоғалуына әкелетін себептерді келесідей жүйелеуге және қорытындылауға болады [4].

Келесі факторлар тобы ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығының бұзылуына әкеледі: геологиялық, физика-химиялық және техникалық-технологиялық. Геологиялық факторларға мыналар жатады: кернеудің күйі, құрылымы және литологиясы, қабаттағы сұйықтықтардың болуы, қабаттық (кеуекті) қысым, тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері мен пайда болу жағдайлары (қабаттасу бұрышы); физика-химиялық осмостық және капиллярлық ылғал тасымалдау, қосымша сыну қысымдары-

ның дамуымен бірге жүретін тау жыныстарының беткі ылғалдануы және ақырында техникалық-технологиялық: бұрғылау ерітіндісінің құрамы мен параметрлері, бұрғылау әдісі және бұрғылау режимінің параметрлері, ерітіндінің көтерілу жылдамдығы, зениттік және азимуттық бұрыштардың мәндері, ұңғыманың иілу қарқындылығы, тұрақсыз жыныстардың болу ұзақтығы. Белгілі болғандай, ұңғыма қабырғаларының тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлардың бірі - бұрғылау ерітіндісінің параметрлері болып табылады. Кейбір жағдайларда ұңғымаларды жоюдың себебі болып табылатын бұрғылау процесіндегі ауыр қиындықтар, ұлттық экономикаға айтарлықтай материалдық зиян келтіретін барлық дерлік бұзылулар бұрғылау ерітінділерінің сапасының төмендігіне, жеткіліксіздігіне, ал кейбір жағдайларда қасиеттерді басқарудың сенімді әдістері мен құралдарының болмауына байланысты болуы мүмкін.

Бұл ретте тығыздық қабат қысымы мен гидрожару қысымының градиенттерімен салыстырғанда тығыздық мәндеріндегі шектеулерді сақтау шарттарына сүйене отырып есептелуі тиіс; осылайша, ерітіндінің шамадан тыс тығыздығы ұңғыманың механикалық жылдамдығын төмендетуге, гидрожаруға және т.б. ықпал етуі мүмкін.

Әр түрлі қалдықтарға негізделген бұрғылау ерітінділерін қолдану тәжірибесі.

Ұңғымаларды бұрғылау кезіндегі маңызды міндеттердің бірі - ұңғыманы салу циклі бойына бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен қасиеттерін бақылау болып табылады. Бұл, атап айтқанда, әртүрлі қиындықтардың, мұнай-газ көріністерінің, тау жыныстарының гидравликалық жарылуының, дұрыс емес химиялық өңдеумен жұтылудың, бұрғылау ерітіндісінің тығыздығын дұрыс бағаламаудың қаупімен байланысты.

Мұнай-газ өнеркәсібі қоршаған ортаны ластау көзі болып табылатын бұрғылау жұмыстарында пайдаланылған бұрғылау ерітіндісін, қабат суын және жинақталған бұрғылау шламын көп мөлшерде өндіреді. Экологиялық қауіпсіздіктің заманауи мәселелері балама көп функциялы биологиялық ыдырайтын және экологиялық та-

за бұрғылау ерітіндісі қоспаларын зерттеу мен пайдалануды ынталандырады. Осы мәселелерді айналып өту үшін биоөнімдерді қолдану қолға алынған.

Бұл шолу түріндегі мақала зерттеушілерге және мұнай-газ өнеркәсібіне қолғабыс көрсету үшін бұрғылау ерітіндісінде кейбір «жасыл» биоөнімдердің қолданылуын көрсету үшін ұсынылған. Орындалған жұмыстарда бұл биоөнімдердің үнемді бола отырып, бұрғылау ерітіндісінің қасиеттерін жақсартуға ықпалын көрсетеді. [9] сәйкес, бұрғылау ерітіндісін дайындамаудан алдын, биоөнімдер кептіріліп, ұнтақ күйіне дейін ұсақталған. Бұрғылау ерітіндісінің дұрыс қоспасы қажетті мақсатқа жету үшін бұрғылау ерітіндісінің қасиеттерін алмастыра алатын қабілеттілікке ие, яғни оңтайлы пластикалық тұтқырлыққа және гельдің беріктігі мен аққыштығының жақсы аралығына ие.

Сонымен қатар, осы [9] жұмыста айтылғандай, құрма дәнекері, шөп және шөп күлі бұрғылау ерітіндісінің реологиялық қасиеттерін басқаруға мүмкіндік беретін тамаша модификаторлар болып табылады. Авторлар [10] қолданатын концентрациялар 350 мл судағы 22,5 г бентониттен су негізіндегі бұрғылау ерітіндісіндегі әрбір қоспаның 0,25, 1,0, 1,5 және 2,0 ррб құрайды. Мақалада бингамның пластикалық моделін дәлелдейтін құрма, құрамында шөп және шөп күлі бар бентонитті бұрғылау ерітіндісі консистенциясының қисығы берілген. Құрма тұқымдары аққыштық шегін арттырмай, гельдің пластикалық тұтқырлығы мен беріктігін арттыруға көмектеседі.

Осыған байланысты мақалада [1] мақта гудронына негізделген ингибиторлық реагенттің бұрғылау ерітіндісінің реологиялық қасиеттеріне әр түрлі пайыздық әсерін анықтау бойынша зерттеулер келтірілген. Мақта гудроны негізіндегі реагент концентрациясының бұрғылау ерітіндісінің реологиялық көрсеткіштеріне (динамикалық ығысу кернеуі және шартты тұтқырлық) әсерін зерттеу жүргізілді, олардың талдауы массаның 4%-на тең реагенттің оңтайлы құрамын анықтауға мүмкіндік берді және бұрғылау ерітіндісіндегі үлкен концентрацияда айналым

жүйесіндегі гидравликалық кедергілері артып, бұрғылаудың механикалық жылдамдығы төмендейтіні көрсетілген.

Зерттелетін жаңа реагенттің концентрациясынан саз ерітінділерінің реологиялық параметрлерінің өзгеруі, авторлар атап өткендей, сызықтық тәуелділікке ие. Алайда, бұл нәтижелер алдын ала бола отырып, қосымша зерттеулерді қажет етеді. Бұл мақта гудронына негізделген реагенттің сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Белгіленген жұмыста осы негіздегі сұйықтықтар псевдопластикалық сипатта болады деп алдын ала айтылған. Ұқсас сұйықтықтар сәйкес [2] ұңғыманың оқпанын жарылған жыныстардан тиімді тазартуды және ұңғымадағы қысымның минималды жоғалуын қамтамасыз етеді. Жұмыста [6] бұрғылау ерітінділерін дайындау үшін авторлар өздері жасаған композициялар мен күрделі реагент алу технологиясын ұсынады.

Майлы дақылдарды өңдеу процесінде (мақта, мақсары, соя, күнбағыс, балық өнеркәсібінің қалдықтары) тазарту сатысында, авторлар атап өткендей, сұйық қалдықтардың едәуір мөлшері – соапстоктар түзіледі. Олар май өндірісінің біріккен ағынға төгіледі, бұл әр түрлі салалар үшін жанама шикізат ресурстарына айналуы мүмкін болатын құнды компоненттердің едәуір мөлшерін жоғалтуға әкеледі. Кейбір жағдайларда сабын өндіру үшін май қышқылдарын алу үшін соапстоктар дистилляцияланады. Сонымен қатар, май қышқылдарын дистилляциялаудың қалдықтары немесе гудрондар (мақта майын өңдеу жағдайында – госсиполды шайыры) қалады. Бұл қалдықтарды кәдеге жаратудың мүмкін бағыттарының бірі – оларды бұрғылау жуу сұйықтықтарын дайындау үшін кешенді әсер ететін химиялық реагенттерді алу үшін негізгі шикізат ретінде пайдалану. Қазіргі уақытта Қазақстанда күрделі геологиялық жағдайларда ұңғымаларды бұрғылау үшін қолданылатын химиялық реагенттер тиімсіз және өте қымбат. Бұрғылау жуу сұйықтықтарының қасиеттерін жақсарту үшін негізінен улы, экологиялық зиянды және оларды қолдану шарттарын толық ескермейтін минералды шыққан реагенттер қолданылады. Жергілікті шикізат пен өндіріс қалдықтары негізінде бұрғы-

лау сұйықтықтарын дайындау үшін тиімділігі жоғары, импортты алмастыратын және арзан композициялық химиялық реагенттерді алу технологияларын игеру өзекті мәселе болып табылады.

Тиімділігі жоғары химиялық реагенттерді пайдалану бұрғылау жуу сұйықтықтарын дайындау және олардың қасиеттерін реттеу шығындарының төмендеуін қамтамасыз етеді, құрылымдық-реологиялық, сүзу, коррозияға қарсы және трибологиялық қасиеттерін жақсартады, сондай-ақ, мұнай және газ ұңғымалары мен қатты пайдалы қазбаларды бұрғылау ұңғымаларын бұрғылау кезіндегі қиындықтардың алдын алу мәселелерін шешеді. Айта кету керек, зерттеу процесінде зерттеушілердің назары майларды қоспалар ретінде алу кезінде қалдықтарды қолдану, сондай-ақ, техникалық жартылай фабрикаларды тазарту сатысында балық майын өндіру нәтижесінде пайда болды [7]. Бұл жағдайда сұйық қалдықтардың едәуір мөлшері – соапстоктар түзіледі. Осы уақытқа дейін оларды кәдеге жарату мәселесі шешілген жоқ, ол түпкілікті шешілген деп саналмайды және қазіргі уақытта, бұл өз кезегінде [2] атап өткендей, балық өнеркәсібі үшін жанама материалдық ресурстарға айналуы мүмкін май қалдықтарының құнды компоненттерінің едәуір мөлшерін жоғалтуға әкеледі.

Дайын өнімді пайдаланудың ықтимал бағыттары айқындай отырып, құрамында майы бар қалдықтарды өндеудің жаңа экологиялық қауіпсіз және экономикалық тиімді технологияларының болуын анықтау, құрамдарын жетілдіру немесе әзірлеу мақсатында зерттеулер мен пысықтаулар қажет.

Балық өндеу кәсіпорындарының (майлықөбіктімасса және соапсток) құрамында майы бар қалдықтарын өндеудің және пайдаланудың ықтимал бағыттарын айқындау мақсатында осы уақытқа дейін жинақталған зерттеулер олардың химиялық құрамын, сондай-ақ, липидтердің фракциялық және май қышқылдық құрамдарын зерттеу нәтижелерін куәландырады.

Зерттеу нәтижелерін талдау майлықөбіктімасса мен соапстоктың негізін су (орта есеппен 35-тен 78%-ға дейін), липидтер (орта есеппен 7-ден 56%-ға дейін) және сабын (орта есеппен

7-ден 13%-ға дейін) құрайтынын көрсетті [2]. Сонымен қатар, бұл компоненттердің мазмұны өте кең ауқымда өзгереді және өңделетін шикізатқа, тазартуға түсетін ағындардың сипатына, сондай-ақ, тазарту қондырғыларының техникалық мүмкіндіктеріне байланысты.

Майлы көбікті масса мен соапстокта бос май қышқылдарының едәуір мөлшерінің болуы (липидтер құрамының 30% дейін) және сабын аталған объектілер мен олардың туындыларын үйкеліске қарсы композициялардың майлау компоненті ретінде пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Сонымен қатар, майлы көбікті масса және соапсток липидтерінің май қышқылдық құрамының жоғары шексіздігі (полиқаньқапаған май қышқылдарының қосындысы шамамен 38%) үйкеліс беттері арасында берік шекаралық қабаттардың пайда болуына ықпал етуі мүмкін, бұл майлаудың тиімділігін едәуір арттырады [1, 2, 7].

Бұрғылаудың үнемі өсіп келе жатқан көлеміне байланысты мұнай-газ өнеркәсібі бұрғылау ерітінділері үшін экологиялық таза майлау материалдарының тапшылығын сезінуде. Соңғы жылдары арнайы мақсаттағы қосалқы заттар тобынан бұрғылау ерітінділеріне арналған майлау қоспалары, олар бұрын жіктелгендей, негізгі реагенттердің құрамына сенімді түрде ауысады. Біріншіден, бұл көлбеу, қатты қисық және көлденең ұңғымаларды бұрғылау үшін, құбырлар бағанының ұңғыманың қабырғаларына үйкеліс күшін жеңу үшін энергия шығыны жоғары болғандықтан, осыған байланысты әдебиетте мамандар бұрғылау ерітінділерінің майлау қабілетіне үлкен мән береді.

Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандай, бұрғылауда, әсіресе теңіз кен орындарын игеру кезінде қолданылатын материалдардың экологиялық қауіпсіздігінің жоғары талаптары табиғи заттар – өсімдік майлары, жануарлар майлары, құрамында майлары бар қалдықтар негізіндегі майлау қоспаларына көбірек сәйкес келеді. Айта кету керек, экологиялық таза майлаушы қоспаларын тұтыну көлемі қазіргі уақытта үнемі өсіп келеді және оларды өндіру үшін шикізат базасын кеңейтуді талап етеді.

Құрамында бос май қышқылдары мен са-

бындары бар майлықөбіктімасса мен соапсток бұрғылау ерітіндісінің құрамындағы майлаушы компонент ретінде пайдаланылуы мүмкін, бұл қосымша зерттеулердің тақырыбы болып табылады.

Бұрғылау ерітіндісінің сулы ортасында май қышқылдарының оңтайлы таралуы үшін оларды сабын жасау үшін бейтараптандыру қажет. Май қышқылдарын бейтараптандыру дәрежесі неғұрлым жоғары болса, олар ерітіндіде оңай таралады (эмульсияланады), бірақ олардың тиімділігі соғұрлым төмен болады, өйткені толық бейтараптандырылған май қышқылдарына негізделген пленканың майлау қабілеті төмен. Композициядағы май құрамдас бөлігі мен сабындандырғыш заттың оңтайлы арақатынасын анықтау керек, бұл оның жоғары майлау қабілетін және сонымен бірге сулы ерітінділерде жеткілікті эмульсиялануын қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінде «Мұнай-газ өнеркәсібі қалдықтарынан мұнай-газ саласы үшін жаңа тиімді материалдар алу технологиясын әзірлеу» тақырыбы бойынша мақсатты қаржыландыру бағдарламасы мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау үшін бірқатар өзекті мәселелерді шешуді көздейді.

Әртүрлі геологиялық жағдайларда қалдықтардың салыстырмалы тиімділігін зерттеудің негізгі әдістемелік принциптері. Соңғы жылдары, әсіресе 20 жыл ішінде зерттеушілер айтарлықтай тәжірибе жинақтады және бұрғылау ұңғымасының қабырғаларын құрайтын тау жыныстарының шиеленіскен күйінің ерекшеліктерін ескере отырып, әртүрлі критерийлерді ұсынды [11, 12, 13, 14, 15].

Ұңғымаларды бұрғылау, мұнай мен газ кен орындарын игеру және пайдалану, әсіресе сейсмикалық белсенділіктің жоғарылауы, сондай-ақ, балшық-вулкандық белсенділік жағдайында, көп жағдайда жойылатын тау жыныстарының (бұзылу объектісі) физикалық-механикалық қасиеттерін, геологиялық жағдайларды және онымен байланысты қиындықтарды зерттеуді қажет етеді [12, 13, 14, 15]. Бұл деректерді тау жыныстары массивтерінің кернеулі-деформацияланған күй-

іне байланысты есептеу нәтижелерін нақтылау үшін бастапқы ақпарат ретінде пайдалану қажет және өзекті болып табылады, бірақ қазіргі теориялық түсініктерге сүйенетін нақты жағдайлар үшін есептеу әдістерін талдауды, дамытуды және бейімдеуді қажет етеді [17, 18, 19, 20].

Талдаулардың нәтижесі бойынша, қазіргі уақытта Қазақстанның мұнай өнеркәсібі қарқынды дамып келеді. Мұнай мен газ өндіру өсуде, игеруге және пайдалануға жаңа кен орындары енгізіліп, мұнай кен орындары жабдықталуда, мұнай өндіру, жинау және дайындау қондырғылары өсуде, мұнайды тасымалдау үшін кәсіпшілік және магистральдық құбырлардың ұзындығы ұлғаюда. Сонымен қатар, экологиялық проблемалар да туындайды: ағынды сулардың, бұрғылау қалдықтарының өсіп келе жатқан көлемін жою қажеттілігі, бұрғылау ерітінділеріне жаңа экологиялық таза және экономикалық тиімді қоспаларды іздеу және оларды зерттеу. Жабдықтарды коррозиядан қорғау мәселесі де тұр. Тиімді қорғаныс құралдарын қолдану жабдықтары мен коммуникациялардың қызмет ету мерзімін ұзартып қана қоймай, олардың пайдалану сенімділігін арттырады, сондықтан қоршаған ортаны мұнай, газ және ағынды сулардың апаттық ағып кетуінен қорғау міндеттерін шешуге ықпал етеді.

Әдебиеттерге қысқаша шолу көрсеткендей, жаңа тиімділігі жоғары химреагенттерді алу және құрылымдарында әртүрлі функционалды топтардың болуына байланысты әртүрлі құрамдар мен қосылыстардың реологиялық, құрылымдық-механикалық, ингибиторлық қасиеттерін терең іргелі ғылыми зерттеулер жүргізіліп, көптеген процестердің тиісті механизмдері құрылды.

Қазіргі уақытта металдардың коррозиясын тежеу теориясын жетілдіруге және дамытуға, кешенді әсер ететін жаңа жоғары тиімді ингибиторларды іздеуге және дамытуға, сондай-ақ, олардың әсер ету механизмін орнатуға арналған көптеген зерттеулер жинақталды. Айта кету керек, іс жүзінде орын алған көптеген проблемалар, тіпті импорттық химиялық реагенттерді қолданумен де шешілмейді, бұл айтарлықтай қаржылық



және материалдық шығындарға әкеледі. Академиялық, салалық институттарда, жоғары оқу орындарында, ғылыми-техникалық кешендерде жүргізілген ғылыми және техникалық әзірлемелер екі, үш және одан да көп функциялары бар көп мақсатты реагенттердің құрылуына әкелді. Жоғары полифункционалды қасиеттерге қарамастан, көптеген жаңа реагенттер оларды алу процестерінің күрделілігіне, мақсатты өнімдерді өндіруге жоғары қаржылық шығындарға байланысты талап етілмейді және тек жекелеген реагенттер мен қалдықтар бұрғылау ерітінділерін өндіруге арналған рецептуралар жасалатын негізгі өнімдерге айналады.

**Нәтижелер мен талқылау.** Жалпы, ғылыми және мерзімді әдебиеттерге жасалған қысқаша шолу мұнай және газ өнеркәсібі үшін жаңа химиялық өнімдерді әзірлеу саласындағы әртүрлі компаниялар мен ғылыми, жобалау ұйымдарының қарқынды жұмысын көрсетеді. Бұған әртүрлі компаниялардың, атап айтқанда «МІ Дрилинг Флюидз К ЛТД», Varoid, ресейлік компаниялардың тік және көлденең ұңғымаларды бұрғылауға және аяқтауға арналған химиялық реагенттер мен сазды, сазсыз ерітінділердің бірегей жүйелерін өндіруі дәлел болып табылады. Олардың кейбіреулері бұрғылау жылдамдығын барынша арттыратын және қиындықтарды барынша азайтатын ең жаңа бұрғылау ерітінділері жүйелерін әзірлеу саласындағы көшбасшылардың бірі болып қала береді.

Соңғы жылдары жүргізілген зерттеулердің салыстырмалы талдауы бұрынғы өнеркәсіптік реагенттерді тиімдірек алмастыратынын көрсетеді.

Атап өтілгендердің куәсі қазіргі уақытта М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінде орындалып жатқан «Мұнай-газ өнеркәсібі қалдықтарынан мұнай-газ саласы үшін жаңа тиімді материалдар алу технологиясын әзірлеу» тақырыбы бойынша мақсатты қаржыландыру бағдарламасы, мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау үшін бірқатар өзекті мәселелерді шешуді көздейді.

Алайда, осындай әр түрлі зерттеулер болған кезде, бұрғылау ерітінділерінің ең жақсы құрамдарын таңдау тұрғысынан мұнай өнеркәсібінің

қажеттіліктерін толық қанағаттандыру әлі де қосымша зерттеулерді қажет етеді, өйткені технологиялық, экономикалық, экологиялық және географиялық себептерге байланысты қолжетімді рецептуралар мен бұрғылау ерітінділеріне қоспаларды іздеу мәселесі өзекті болып қала береді, бірқатар кешенді зерттеулерді жүргізуді талап етеді. Олардың әртүрлілігіне байланысты бұл зерттеулер тиісті әдіснамалық зерттеуді қажет етеді.

Осы зерттеулер ең алдымен бұрғылау ерітінділерінің негізгі құрамдарын реттеудің ғылыми негіздерін, сондай-ақ оларды қолдану саласын негіздеуді дамытуға және жетілдіруге бағытталуы тиіс. Олар сондай-ақ, зерттеу процесінде туындайтын жаңа құбылыстарды білу, бұрын белгісіз заңдылықтарды түсіндіру, бұрын жүргізілген зерттеулердің жеткіліксіздігінің себептерін анықтау, қарастырылып отырған проблеманы зерттеудегі олқылықтардың орнын толтыру және т.б. жолдарын зерттеу және іздеу қажеттілігін қарастыруы керек. Бұрғылау ерітінділерінің рецептураларын іздеумен және негіздеумен байланысты жаңа ғылыми шешімдерді іздеу процесінде туындайтын қиындықтар қолданыстағы құрамдар, олардың зерттелу дәрежесі, бұрын тұжырымдалған ғылыми ережелер, олардың деңгейі, зерттеу процесінде қолданылатын әдістер жаңа мәселелерді шешу үшін жеткіліксіз болған жағдайларда айқын көрінеді. Реагенттерді қолдану үшін болжамды толық зерттеу және бұл міндеттерді қою бұрын алынған тәжірибені талдаудан туындайды, осы уақытқа дейін жинақталған зерттеулерде қайшылықтарды анықтау (егер олар бар болса), сондай-ақ, проблеманың жекелеген бағыттарын одан әрі дамыту қажеттілігін негіздеу болып табылады.

Кез-келген ғылыми зерттеу сияқты, бұрғылау процестерін зерттеу де қарау және талдау процесінде басқалардың пайда болуына әкелетін проблеманы ұсынудан басталады және бұл өз кезегінде барлық жаңа проблемаларды тудырады. Біздің жағдайда мұндай проблема зерттеушілердің назарында, бұрғылау ерітінділері проблемасы, олардың негізінде экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді реагенттер сәтті



қолданыла алады. Бұрғылаудың геологиялық-технологиялық жағдайларының алуан түрлілігіне, олардың күрделілігінің әртүрлі дәрежесіне байланысты бұрғылау ерітінділерін таңдау осы жағдайға сәйкес жүргізілуі керек, сонымен қатар, реагенттерді сәтті жеткізуге мүмкіндік беретін бұрғылау жұмыстары ауданының географиялық жағдайына сәйкес экономикалық және экологиялық талаптарға жауап беруі керек. Ұңғымаларды бұрғылау тәжірибесі, белгіленген талаптарды ескере отырып, әртүрлі бұрғылау ерітінділерін қолдану нәтижелерін талдау маңызды.

Ғылыми зерттеулердің нәтижелері. Қазақстан кен орындарында ұңғымаларды бұрғылау нәтижелері мен шарттарын талдау және талқылау негізінде одан әрі зерттеудің мақсатын айқындайтын, атап айтқанда, терең ұңғымаларды бұрғылау үшін жергілікті сала қалдықтарынан шикізатты қолдануға негізделген жаңа құрамдардың қасиеттерін әзірлеу және реттеу мәселесіне назар аудару қажет.

Осы мақсатқа жетуге деген ұмтылыс - бұл шешілетін міндеттердің өзіндік логикалық дәйектілігі, тиісті кезеңдері мен деңгейлері бар күрделі процесс. Әдістемелік тұрғыдан осы зерттеулерді әртүрлі деңгейлерде орналасқан элементтері бар тұтас жүйе аясында қарастыруға болады.

Осы жүйенің элементтері ретінде: зерттеу объектісі, зерттеу міндеттері, оларды шешудің әдістері мен құралдары қызмет ете алады. Алдыңғы бөлімде қарастырылған мәселеге арналған зерттеулерді талдау зерттеудің негізгі міндеттерін тұжырымдауға мүмкіндік берді:

- жергілікті өнеркәсіптік қалдықтар негізінде бұрғылау ерітінділерінің ұңғымаларды бұрғылаудың техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсерін зерделеудің қазіргі деңгейі мен жай-күйін талдау;
- зерттелетін кен орнының және қолданылатын бұрғылау ерітінділерінің геологиялық жағдайларын талдау;
- бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен қасиеттері арасындағы байланысты зерттеу;
- өнеркәсіптік қалдықтарға негізделген бұрғылау ерітінділерінің реологиялық сипаттамаларын зерттеу;

қолдану бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу.

Ең қиыны - табиғи және техникалық-технологиялық факторларды ескере отырып, қалыптан тыс жоғары қабат қысымының болуымен қиындаған аймақтарда ұңғымаларды өткізудің оңтайлы технологиясын таңдау.

**Қорытынды.** Қазақстанның күрделі жағдайларында ұңғымаларды бұрғылаудың ағымдағы жай-күйін талдау көрсеткендей, ұңғымаларды бұрғылау көрсеткіштерін арттыруға ұмтылуда үлкен рөл бұрғылау ерітінділерінің құрамын таңдауға және жетілдіруге бағытталған әдістер жатады. Бұрғылау ерітінділерінің құрамы мен параметрлерін таңдау және оларды тиімді пайдалану шарттарын таңдау мәселелері бойынша ғылыми-техникалық және патенттік әдебиеттердің деректерін жалпылама зерттеуді жүргізу кезіндегі назардың аударылуы, тиісті құрамдар мен технологияларды анықтауға мүмкіндік берді.

Әртүрлі мұнай-газ өндіретін өңірлерде қолданылатын технологиялардың жоғары тиімділігін қамтамасыз етудің және оларды дамытуға инвестиция салудың негізгі шарттарының бірі ықтимал қиындықтардың алдын алып қана қоймай, сонымен қатар, ұңғыманың жылдамдығын жеткілікті жоғары деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік беретін үнемді және экологиялық қауіпсіз реагенттерді қолдану болып табылады. Осыған байланысты бірқатар жұмыстар қалдықтар негізінде композициялар жасауға арналған. Бұл жұмыстарға шолу жергілікті өндірістік қалдықтар негізінде бұрғылау ерітінділерінің құрамын жетілдіру бойынша зерттеулер жүргізу қажеттілігін негіздеді.

Сондықтан кейбір зерттеулер реологиялық сипаттамаларды зерттеу арқылы осы құрамдардың тиімділігін бағалауға бағытталған.

Жалпы, күрделі жағдайларда қолдануға арналған бұрғылау ерітінділерінің құрамын әзірлеуге байланысты мәселелерді зерттеудің қазіргі жағдайын талдау келесілерді анықтауға мүмкіндік берді.

1. Зерттелетін қалдықтардың сипаты мен

концентрациясына байланысты бұрғылау ерітінділерінің құрамын кешенді зерттеуге мүмкіндік беретін жүйенің негізін құру мәселесі жеткілікті түрде пысықталмаған. Осы уақытқа дейін жинақталған жарияланымдарға шолу көрсеткендей, ұңғыма тереңдігі метрінің құнының мүмкін болатын ең төменгі мәнімен ұңғыманың жылдамдығын арттыруға бағытталған шешімдер қабылдау процесінің критерийлердің түсініксіздігі, дәлсіздіктер және толық емес кірістер түрінде көрінетін әртүрлі белгісіздіктерге, сондай-ақ, деректерді өңдеу қажеттілігіне байланысты айтарлықтай күрделене түседі. Сондықтан талдау үшін қажетті ақпарат заманауи математикалық әдістерді қолдана отырып, оның сапасын арттыру үшін зерттеуді қажет етеді.

2. Ең дұрыс және негізделген технологиялық шешімдерді қабылдау үшін: геологиялық-

технологиялық және геофизикалық ақпаратты, қарастырылып отырған кен орнының ерекшеліктерін және ұңғымаларды бұрғылаудың тиімді технологиясын таңдауға әсер ететін факторларды талдау қажет.

Бұрғылаудың геологиялық шарттары әртүрлі факторлары бар күрделі жүйе екені белгілі, осыған байланысты белгілі бір құрам мен технологияны таңдау белгісіздік жағдайында шешім қабылдау процедурасын білдіреді. Осыған байланысты эксперименттік зерттеулер жүргізу, ақпаратты алу, талдау және белгіленген жағдайларда шешім қабылдау қызығушылық тудырады, бұл зерттеу міндеттерін қоюды негіздейді.

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім Министрлігінің Ғылым және жоғары білім Комитетінің қолдауымен жүргізілді (МҚ АР14869314).

### Әдебиеттер

1. Жантасов М.К., Орынбасаров А.К., Лю Цинь Цзе, Сапаров К. Определение реологических параметров ингибирующего бурового раствора на основе хлопкового гудрона. //Национальная ассоциация ученых (НАУ), Науки о земле.- 2015.- № III(8).- С.145-147.
2. Бондаренко В.П., Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж. Использование модифицированного гудрона хлопкового масла для приготовления буровых растворов//Журнал «Нефть и газ».-2016.- № 5(95).- С.45-56.
- 3.Петров Б.Ф. Обоснование возможности использования жировых отходов рыбоперерабатывающих производств в составе антифрикционной композиции // Фундаментальные исследования.-2010.-№ 12.- С.136-141 <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=17445>
- 4.Каменских С. В., Логачёв Ю. Л., Нор А.В, Уляшева Н.М., Фомин А.С. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. 2014, УГТУ.- 231 с.
- 5.Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин : учеб. пособие / С. В. Каменских, Ю. Л. Логачёв, А. В. Нор, Н. М. Уляшева, А. С. Фомин. - Ухта : УГТУ, 2014. -231 с.
- 6.Borivoje Pašić, Nediljka Gaurina-Medimurec, Davorin Matanović. Wellbore instability: causes and consequences Nestabilnost kanala bušotine: uzroci i posljedice// Rudarsko-geološko-naftni zbornik.-2007.- Vol19.-P.87-98
- 7.Petroleum Related Rock Mechanics, 2nd edition/E. Fjaer, R.M. Holt, P. Horsrud, R. Risnes. -The Netherlands, Amsterdam: Elsevier.// -2008, Vol. 53, ISBN 9780444502605
- 8.Richard Plumb, Stephen Edwards, Gary Pidcock, Donald Lee, Brian Stacey The Mechanical Earth Model Concept and its Application to High-Risk Well Construction Projects//IADC/SPE Drilling Conference.-2000. DOI 10.2118/59128-MS
9. Bichakshan Borah, Borkha Mech Das. A review on applications of bio-products employed in drilling fluids to minimize environmental footprint// Environmental Challenges.-2022.- Vol. 6,

DOI 10.1016/j.envc.2021.100411

10. Wajheeuddin M., Hossain M.E. Development of an Environmentally-Friendly Water-Based Mud System Using Natural Materials// Arabian Journal for Science and Engineering.-2017.-Vol.43(6) DOI 10.1007/s13369-017-2583-2

11. Andrianov V., Solovyanchik V., Aleshkov V., Akhmetov M., Kostin S., Mazaev K. Extended Reach Exploratory well Successfully Drilled on D-41 Structure of Baltic Sea Shelf (Russian Sector)// SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition.-2013.- Paper Number: SPE-166918-MS. DOI 10.2118/166918-MS

12. Б.А. Растегаев Современный подход к проектированию ингибирующих свойств буровых растворов для проводки скважин в сложных геолого-технических условиях // Территория нефтегаз.-2009.- № 6.- С. 34-39. <https://cyberleninka.ru>

13. Растегаев, Б.А. Обеспечение устойчивости глинистых отложений в искривлённых (горизонтальных) скважинах / Б. А. Растегаев, В. Н. Гнибидин, О. В. Ножкина [и др.]: // SPE - 171286-RU.

14. Растегаев, Б.А. Физико-химические и геомеханические принципы устойчивости глинистых отложений в пологих скважинах (на примере Мухановского месторождения) / Б. А. Растегаев, А. В. Ульшин, М. С. Гвоздь, О. В. Ножкина [и др.]: Сб. трудов XX научно-практической конференции «Реагенты и материалы для строительства, эксплуатации и ремонта нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин: производство, свойства и опыт применения». - Владимир: Аркаим, 2016. - С. 141-150.

15. Свинцицкий С.Б. Прогнозирование горно-геологических условий проводки скважин в соленосных и глинистых отложениях с аномально высокими давлениями флюидов : диссертация ... доктора геолого-минералогических наук : 25.00.12 / Свинцицкий Святослав Брониславович; [Место защиты: ГОУВПО "Северо-Кавказский государственный технический университет"].- Ставрополь, 2007.- 210 с.

16. Nygaard, R., Hareland G. Prediction of directional changes in well drilling based on formation rock strength//The 42nd U.S. Rock Mechanics Symposium (USRMS), San Francisco -2008.- Paper Number: ARMA-08-230.

17. Plumb, R. The mechanical earth model concept and its application to high-risk well construction projects / R. Plumb, S. Edwards, G. Pidcock // IADC/SPE 59128 paper presented at the IADC/SPE drilling conference (23–25 February 2000, New Orleans). New Orleans, 2000. - 13 p. DOI 10.2118/59128-MS

18. Каменев П.А. Исследование геомеханических параметров массивов осадочных пород Сахалина на основе данных каротажа и бурения. Канд.дисс., Новосибирск.// -2016, С.160.

19. Bambang P. Istadi, Handoko T. Wibowo, Edy Sunardi, Soffian Hadi and Nurrochmat Sawolo. Mud Volcano and Its Evolution, Earth Sciences.2012.- DOI 10.5772/24944

20. Эфендиев Г.М., Маммадов В.Н. Статистический анализ влияния грязевых вулканов на показатели бурения скважин и частоту осложнений// Тр. Института геологии НАН Азерб.-2010.- № 36.- С. 52-58.

## References

1. Zhantasov M.K., Orynbasarov A.K., Lju Cin' Cze, Saparov K. Opredelenie reologicheskikh parametrov ingibirujushhego burovogo rastvora na osnove hlopkovogo gudrona. //Nacional' naja asociaciya uchenyh (NAU), Nauki o zemle.- 2015.- № III(8).- S.145-147.[in Russian]
2. Bondarenko V.P., Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh. Ispol' zovanie modifitsirovannogo gudrona hlopkovogo masla dlja prigotovleniya burovyh rastvorov//Zhurnal «Neft' i gaz».-2016.- № 5(95).- S.45-56.[in Russian]

3. Petrov B.F. Obosnovanie vozmozhnosti ispol' zovaniya zhirovyyh othodov rybopererabatyvajushhih proizvodstv v sostave antifrikcionnoj kompozicii // Fundamental' nye issledovaniya.-2010.-№ 12.- S.136-141.[in Russian] <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=17445>
4. Kamenskih S. V., Logachjov Ju. L., Nor A.V, Uljasheva N.M., Fomin A.S. Oslozhneniya i avarii pri stroitel' stve neftjanyh i gazovyh skvazhin. 2014, UGTU.- 231 s. [in Russian]
5. Oslozhneniya i avarii pri stroitel' stve neftjanyh i gazovyh skvazhin : ucheb. posobie / S. V. Kamenskih, Ju. L. Logachjov, A. V. Nor, N. M. Uljasheva, A. S. Fomin. - Uhta : UGTU, 2014. -231 s. [in Russian]
6. Borivoje Pašić, Nediljka Gaurina-Medimurec, Davorin Matanović. Wellbore instability: causes and consequences Nestabilnost kanala bušotine: uzroci i posljedice// Rudarsko-geološko-naftni zbornik.-2007.- Vol19.-P.87-98
7. Petroleum Related Rock Mechanics, 2nd edition/E. Fjaer, R.M. Holt, P. Horsrud, R. Risnes. -The Netherlands, Amsterdam: Elsevier.// -2008, Vol. 53, ISBN 9780444502605
8. Richard Plumb, Stephen Edwards, Gary Pidcock, Donald Lee, Brian Stacey The Mechanical Earth Model Concept and its Application to High-Risk Well Construction Projects//IADC/SPE Drilling Conference.-2000. DOI 10.2118/59128-MS
9. Bichakshan Borah, Borkha Mech Das. A review on applications of bio-products employed in drilling fluids to minimize environmental footprint// Environmental Challenges.-2022.- Vol. 6, DOI 10.1016/j.envc.2021.100411
10. Wajheeuddin M., Hossain M.E. Development of an Environmentally-Friendly Water-Based Mud System Using Natural Materials// Arabian Journal for Science and Engineering.-2017.-Vol.43(6) DOI 10.1007/s13369-017-2583-2
11. Andrianov V., Solovyanchik V., Aleshkov V., Akhmetov M., Kostin S., Mazaev K. Extended Reach Exploratory well Successfully Drilled on D-41 Structure of Baltic Sea Shelf (Russian Sector)// SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition.-2013.- Paper Number: SPE-166918-MS. DOI 10.2118/166918-MS
12. B.A. Rastegaev Sovremennyj podhod k proektirovaniyu ingibirujushhih svojstv burovyyh rastvorov dlja provodki skvazhin v slozhnyh geologo-tehnicheskikh usloviyah // Territorija neftegaz.-2009.- № 6.- S. 34-39. <https://cyberleninka.ru>. [in Russian]
13. Rastegaev, B.A. Obespechenie ustojchivosti glinistyh otlozhenij v iskrivljonyh (gorizontal' nyh) skvazhinah / B. A. Rastegaev, V. N. Gnibidin, O. V. Nozhkina [i dr.]: // SPE - 171286-RU. [in Russian]
14. Rastegaev, B.A. Fiziko-himicheskie i geomehaničeskie principy ustojchivosti glinistyh otlozhenij v pologih skvazhinah (na primere Muhanovskogo mestorozhdenija) / B. A. Rastegaev, A. V. Ul' shin, M. S. Gvozd', O. V. Nozhkina [i dr.]: Sb. trudov XX nauchno-praktičeskoj konferencii «Reagenty i materialy dlja stroitel' stva, jekspluatacii i remonta neftjanyh, gazovyh i gazokondensatnyh skvazhin: proizvodstvo, svojstva i opyt primeneniya». - Vladimir: Arkaim, 2016. - S. 141-150. [in Russian]
15. Svincickij S.B. Prognozirovanie gorno-geologičeskikh usloviy provodki skvazhin v solenosnyh i glinistyh otlozhenijah s anomal' no vysokimi davlenijami fljuidov : dissertacija ... doktora geologo-mineralogičeskikh nauk : 25.00.12 / Svincickij Svjatoslav Bronislavovich; [Mesto zashhity: GOUVPO "Severo-Kavkazskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet"].- Stavropol', 2007.- 210 s. [in Russian]
16. Nygaard, R., Hareland G. Prediction of directional changes in well drilling based on formation rock strength//The 42nd U.S. Rock Mechanics Symposium (USRMS),San Francisco -2008.- Paper Number: ARMA-08-230.
17. Plumb, R. The mechanical earth model concept and its application to high-risk well construction projects

/ R. Plumb, S. Edwards, G. Pidcock // IADC/SPE 59128 paper presented at the IADC/SPE drilling conference (23–25 February 2000, New Orleans). New Orleans, 2000. - 13 p. DOI 10.2118/59128-MS.

18. Kamenev P.A. Issledovanie geomechanicheskikh parametrov massivov osadochnykh porod Sahalina na osnove dannyh karotazha i bureniya. Kand.diss., Novosibirsk.// -2016, С.160. [in Russian]

19. Bambang P. Istadi, Handoko T. Wibowo, Edy Sunardi, Soffian Hadi and Nurrochmat Sawolo. Mud Volcano and Its Evolution, Earth Sciences.2012.- DOI 10.5772/24944

20. Jefendiev G.M., Mammadov V.N. Statisticheskij analiz vlijaniya grjazevyh vulkanov na pokazateli bureniya skvazhin i chastotu oslozhnenij// Tr. Instituta geologii NAN Azerb. -2010.- № 36.- С. 52-58. [in Russian]

*Авторлар туралы мәліметтер*

Ерменов С.М. - PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: sapmax80@mail.ru;

Әфендиев Г.М.- техника ғылымдарының докторы, профессор, Әзірбайжан Республикасының Мұнай және газ институты, Әзірбайжан, e-mail: galib\_2000@yahoo.com;

Садырбаева А.С. - техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru;

Жантасов М.К. - техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, кафедра меңгерушісі, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: manapjan\_80@mail.ru;

Байботаева С.Е. - PhD докторы, доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: sbaibotaeva@mail.ru;

*Information about the authors*

Yermenov S.M. - PhD doctoral, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: sapmax80@mail.ru;

Afandiyev G. M.-Doctor of technical sciences, professor, Institute of oil and gas of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan, e-mail: galib\_2000@yahoo.com;

Sadyrbaeva A.S. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru;

Zhantasov M. K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: manapjan\_80@mail.ru;

Baibotaeva S.E. - PhD, associate professor, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: sbaibotaeva@mail.ru.



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӨНІРЛЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫН ӘЛЕУМЕТТІК –  
ЭКОНОМИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ**

**<sup>1</sup>Х.Батцэнгэл<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>С.Б. Касымова, <sup>2</sup>К.С. Мустафаев**

<sup>1</sup>Моңғол жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру университеті, Ұлан-Батор, Моңғолия,

<sup>2</sup>Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: Sanim\_81@list.ru

Аймақтың тұрақты дамуы, ең алдымен, әлеуметтік-экономикалық және табиғи-экологиялық даму факторлары арасындағы тепе-теңдікпен қамтамасыз етіледі. Өңірдің орнықты дамуы, өздерінің білетіндей, экологиялық-экономикалық және әлеуметтік факторларды теңгерімді пайдалануды көздейді. Бұл ғылыми зерттеуде өңірлік экономика шеңберінде тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізудің негізгі тәсілдері қарастырылады, өңірдің тұрақты дамуының негізгі анықтамалары зерделенеді және тұрақты даму процестеріне әсер ететін факторлардың сипаттамасы беріледі. Ғылыми жұмыстың мақсаты макроэкономикалық көрсеткіштерді талдау негізінде Қазақстан Республикасы өңірлерінің тұрақты дамуы контекстінде қалыптасқан әлеуметтік-экономикалық сәйкессіздіктерді анықтау болып табылады. Аймақтардың тұрақты дамуға бейімделуін зерттеу объектісі өңірдің әлеуметтік-экономикалық әлеуеті болып табылатындықтан, оны пайдалану жалпы республика экономикасын реформалау барысымен айқындалады, авторлар тұрақты дамуға бейімделудің өңірлік коэффициентін есептеді. Өңірлердің орнықты даму талаптарына бейімделу дәрежесін анықтау сандық және сапалық тәсілдерді біріктіруді талап ететін күрделі мәселелердің бірі болып табылады. Зерттеу барысында тұрақты даму тенденцияларын анықтауға мүмкіндік беретін экономикалық талдаудың статистикалық және салыстырмалы әдістері қолданылды. Жүргізілген экономикалық талдау негізінде теріс әсер ететін белгілі бір теңгерімсіздіктер анықталды.

**Түйін сөздер:** аймақ, тұрақты даму, әлеуметтік-экономикалық даму, макроэкономикалық көрсеткіштер, тұрақтылық, бейімделудің аймақтық коэффициенті.

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**<sup>1</sup>Х.Батцэнгэл<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>С.Б. Касымова, <sup>2</sup>К.С. Мустафаев**

<sup>1</sup>Монгольский университет поствысшего образования, г. Улан-Батор, Монголия,

<sup>2</sup>Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова, г. Астана, Казахстан,  
e-mail: Sanim\_81@list.ru

Устойчивое развитие региона обеспечивается, прежде всего, равновесием между факторами социально-экономического и природно-экологического развития. Устойчивое развитие региона предполагает, как известно сбалансированное использование эколого-экономических и социальных факторов. В данном научном исследовании рассматриваются основные подходы по достижению целей устойчивого развития в рамках региональной экономики, изучены основные определения устойчивого развития региона и дано описание факторов, оказывающих влияние на процессы устойчивого развития. Цель научной работы состоит в выявлении сложившихся социально – экономических диспропорций в контексте устойчивого развития регионов Республики Казахстан на основе анализа макроэкономических показателей. Поскольку объектом исследования адаптации регионов к устойчивому развитию является социально-экономический потенциал региона, использование которого определяется ходом реформирования экономики республики в целом, авторами был рассчитан региональный коэффициент адаптации к устойчивому развитию. Определение степени адаптации регионов к требованиям устойчивого развития является одной из сложных проблем, требующих сочетания как количественного, так и качественного подходов. При исследовании были использованы статистический и сравнительный методы экономического анализа, которые позволили выявить

тенденции устойчивого развития. На основе проведенного экономического анализа были выявлены определенные дисбалансы, оказывающих негативное влияние.

**Ключевые слова:** регион, устойчивое развитие, социально-экономическое развитие, макроэкономические показатели, стабильность, региональный коэффициент адаптации.

## SOCIO-ECONOMIC ASSESSMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

<sup>1</sup>K.Battsengel<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>S.B. Kassymova, <sup>2</sup>K.S. Mustafaev

<sup>1</sup>Graduate University of Mongolia, Ulanbaatar, Mongolia

<sup>2</sup>K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: Sanim\_81@list.ru

The sustainable development of the region is ensured, first of all, by the balance between the factors of socio-economic and natural-ecological development. Sustainable development of the region presupposes, as is well known, a balanced use of environmental, economic and social factors. This scientific study examines the main approaches to achieving sustainable development goals within the framework of the regional economy, examines the main definitions of sustainable development in the region and describes the factors influencing the processes of sustainable development. The purpose of the scientific work is to identify the existing socio – economic imbalances in the context of sustainable development of the regions of the Republic of Kazakhstan based on the analysis of macroeconomic indicators. Since the object of the study of the adaptation of regions to sustainable development is the socio-economic potential of the region, the use of which is determined by the course of reforming the economy of the republic as a whole, the authors calculated the regional coefficient of adaptation to sustainable development. Determining the degree of adaptation of regions to the requirements of sustainable development is one of the complex problems that require a combination of both quantitative and qualitative approaches. Statistical and comparative methods of economic analysis were used in the study, which made it possible to identify trends in sustainable development. Based on the conducted economic analysis, certain imbalances have been identified that have a negative impact.

**Keywords:** region, sustainable development, socio-economic development, macroeconomic indicators, stability, regional coefficient of adaptation.

**Кіріспе.** Қазіргі кезеңде ұлттық экономиканы дамытудың аумақтық факторлары күшейе түсуде. Бұл диспропорциялардан, әлеуметтік-экономикалық дамудың әртүрлі деңгейлерінен, экономиканың тең емес құрылымынан және аймақтық дамудағы мамандандырудан туындайды. Өңірлердің дамуы тұтастай алғанда елдің дамуына әкелетіні белгілі.

Әлеуметтік-экономикалық жағдайдағы аймақтық айырмашылықтарды шамамен объективті (аймақтың даму деңгейі, оның мамандануы мен экономиканың құрылымы, экономикалық-географиялық жағдайы және басқалары) және субъективті (барлық деңгейдегі билік органдарының саясаты) деп бөлуге болады. Аймақтық даму тенденцияларын түсіну үшін осы

факторлардың заңдылықтарын, қатынастарын және әсер ету дәрежесін анықтау қажет.

Алайда, мұндай жұмыстарды жүргізу кезінде тұрақты дамуға бағытталған аймақтық қайта құрулардың барысын барынша толық көрсететін «негізгі» көрсеткішті анықтау қажет болады. Біз әлеуметтік даму деңгейі осындай көрсеткіш ретінде қызмет ете алатын көзқараспен бөлісеміз, өйткені ол барлық басқа көрсеткіштермен байланысты және аймақтарды реформалаудың басты мақсаты болып табылады.

Егер ұлттық деңгейде мемлекет қызметінде әлеуметтік деңгеймен қатар саяси, геостратегиалық, қауіпсіздік және басқа аспектілер болса, онда аймақтық саясатта әлеуметтік аспект басым болады. Оның объектісі-өмір сүру деңгейі

мен жағдайындағы, жұмыспен қамту деңгейіндегі аймақаралық теңсіздіктер, сондай-ақ экономикалық даму қарқынындағы, бизнес жағдайындағы және т.б. аймақтар арасындағы айырмашылықтарды анықтайтын факторлар. Алайда, мақсаттар теңдестірілген аймақтық саясатты әзірлеу арқылы осы теңсіздіктерді азайту болып табылады.

Әлемнің барлық елдерінде-географиялық жағдайдың, даму тарихының және басқа факторлардың айырмашылығына байланысты аймақтардың әлеуметтік-экономикалық даму деңгейлері әртүрлі. Бұл көптеген күрделі әлеуметтік-экономикалық проблемаларды тудырады. Сондықтан әрбір мемлекет қалған аймақтардағы өмір сүру деңгейін жақсартуға, яғни жағдайды теңестіруге және олардың даму деңгейін көтеруге бағытталған аймақтық саясат жүргізуге ұмтылады.

Зерттеудің мақсаты-макроэкономикалық көрсеткіштерді талдауға негізделген аймақтардың тұрақты әлеуметтік-экономикалық дамуындағы бар теңгерімсіздіктерді анықтау.

**Материалдар мен әдістер.** Қазіргі уақытта көптеген өңірлер тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуді көрсетіп отыр. Осылайша, тұрақты дамуды теориялық тұрғыдан қарастыру қажет. Тұрақты даму әртүрлі жолдармен анықталды, бірақ іс жүзінде оның үш өлшемі бар – экономикалық, экологиялық және әлеуметтік. «Тұрақтылық» сөзі бүгінгі таңда қоғам алдында тұрған көптеген халықаралық, аймақтық және жергілікті мәселелердің әлеуетті шешімі ретінде жаһандық сөзге айналды: халықтың көптігі, аурулар, саяси қақтығыстар, инфрақұрылымның нашарлауы, ластану және ресурстардың шектеулі қолжетімділігі жағдайында қалалардың шексіз кеңеюі және т.б. Біріккен Ұлттар ұйымының Қоршаған Орта және Даму Жөніндегі Дүниежүзілік Комиссиясы (1987) тұрақты дамудың анықтамасын ұсынды, ол барлық тұрақтылық әдебиеттерінде ең танымал болып табылады: «болашақ ұрпақтың қабілетіне нұқсан келтірмей, қазіргі заманның қажеттіліктерін қанағаттандыратын даму» [1].

Аймақтық тұрақтылық мәселелерімен айналысқан әр түрлі зерттеушілердің көзқарастарын

талдай отырып, мысалы, Л.И. Абалкин ұлттық экономикалық жүйенің тұрақтылығын оның қауіпсіздігінде, тұрақтылығында, үнемі жаңару және жетілу қабілетінде көреді. Р.И. Шниппердің пікірінше, аймақтық жүйенің тұрақты дамуының негізгі сипаттамалары оның экономикалық құрылымының сенімділігі, сұраныстың табиғи өзгерістері болған кезде және әлеуметтік - экономикалық процестердің күрт ауытқуы болмаған кезде аймақтық көбею процесінің бейімделуі мен икемділігі болып табылады, яғни ғалым аймақтың тұрақтылығы мен оның экономикалық жүйесінің тұрақтылығын анықтайды. Зерттеу контекстінде В.Н.Лексин мен А.Н. Швецова, олар аймақтың тұрақтылығының белгілері ретінде аумақтың әлеуетін (оның әлеуметтік, табиғи - ресурстық және әлеуметтік бағыты) молайту үшін жағдайларды сақтау ұзақтығын атайды.

Тұрақтылық пен тиімділік қоғамның экономикалық жүйелердің жұмыс істеуіне қойылатын бірінші кезектегі талаптары ретінде танылады, ал оларды жобалау, іске асыру және пайдалану қабілеті әлі де шешілмеген міндет болып табылады [2].

Аймақтың тұрақты дамуы деп оның барлық көрсеткіштері өсетін және барлық көрсеткіштердің өсу қарқыны келісетін мінез-құлқы түсініледі [3].

Өңірдің әлеуметтік-экономикалық дамуын басқарудың репродуктивті тәсілі өңірлік экономиканың тиімді дамуын және халықтың әл-ауқатының өсуін қамтамасыз ететін өңірлік жүйенің барлық элементтері арасындағы өзара байланыстар мен тәуелділіктерді басқару қажеттілігін білдіреді. Аймақ экономикасының кешенділігі тепе-теңдікті, аймақтың өндірістік күштерінің пропорционалды теңгерімді дамуын білдіреді. Бұл аймақтың мамандануының негізгі ұлттық шаруашылық функциясы тиімді орындалатын, өңірлік диспропорциялар ішінде елеулі байқалмайтын және өңірдің қолда бар ресурстар негізінде өз шегінде кеңейтілген ұдайы өндірісті жүзеге асыру қабілеті сақталатын шаруашылық элементтері арасындағы өзара байланыс [4].

Осыған байланысты қазіргі заманғы эконо-

микалық ғылымда өңірлердің орнықты дамуын экологиялық - экономикалық бағалауды есепке алу үшін екі бағытты қамтитын әртүрлі тәсілдер әзірленді:

- аумақтардың тұрақты дамуының әртүрлі аспектілерін көрсететін жеке индикаторларды жүйесін құру;

- адам қызметінің қоршаған ортаға әсерін бағалауды қамтитын әлеуметтік-экономикалық даму тиімділігінің интегралды көрсеткіштері [5].

А.Барташевичтің жұмысында өңірлік экономиканың даму тұрақтылығын бағалау мәселелері қозғалады. Автор өңірлік дамудың қол жеткізілген орнықтылық деңгейін бағалау үшін мынадай көрсеткіштерді пайдалану қажет екенін атап көрсетеді: өңірлік міндеттемелерді орындау үшін қаржы - экономикалық ресурстардың жеткіліктілігі, өңірдің ресурстық әлеуетінің деңгейі, өңірдің экологиялық қауіпсіздігінің деңгейі, халықтың табыс деңгейі, ресурстық базаның болуының нақты мәндерінің күтілетін көрсеткіштерден ауытқу деңгейі [6].

Қазақстан-аумағы ұзақ, әлеуметтік - экономикалық және табиғи-климаттық жағдайлары алуан түрлі, өңірлік дамуды теңестіруді қажет ететін мемлекет. Мақалада Қазақстан өңірлерінің өзекті

әлеуметтік-экономикалық мәселелері баяндалады.

Қазақстанның әлемнің ең дамыған 30 мемлекетінің қатарына кіруі үшін халықтың әлауқатының жоғары деңгейін қамтамасыз ету және жан басына шаққандағы ЖІӨ-нің белгілі бір деңгейіне қол жеткізу қажет. ҚР тұжырымдамасында экономикалық дамудың 2 сценарийі қарастырылады: әлемдік экономиканың орташа өсуімен жан басына шаққандағы ЖІӨ Қазақстанда 60 мың АҚШ долларына жетуі тиіс (сатып алу қабілетінің паритеті бойынша түзетумен 2005 жылғы бағамен), қолайлы экономикалық конъюнктураны сақтай отырып – 70 мың АҚШ долларынан асуы тиіс. Аталған индикаторларға қол жеткізу үшін бірінші жағдайда ЖІӨ – нің орташа жылдық өсу қарқыны 4,3 %, екінші жағдайда-5,5% болуы тиіс [7].

**Нәтижелер және талқылау.** 2023 жылдың қорытындысы бойынша Қазақстанның экономикалық дамуын оң деп сипаттау керек, өйткені 2019-2023 жылдардағы ЖӨӨ көлемінің өсімімен (+0,5%) өзгерді. Сонымен қатар, негізгі капиталға салынған инвестициялардың нақты көлемінің индексі, өнеркәсіптік өндіріс индексі және еңбек өнімділігінің индексі оң динамикамен сипатталды (кесте 1).

Жылдар	Негізгі капиталға инвестициялардың нақты көлемінің индексі	ЖӨӨ нақты көлемінің индексі	Өнеркәсіптік өндіріс индексі	Жалпы экономика бойынша еңбек өнімділігінің индексі
2019	108,8	104,5	107,9	100,0
2020	96,1	97,5	91,9	97,5
2021	103,7	104,3	139,1	100,7
2022	109,2	103,2	129,7	102,0
2023	111,2	105,1	96,3	106,8

Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған

Қазіргі тенденцияларды көрсететін макроэкономикалық көрсеткіштерді талдау олардың төмендеуін, әсіресе 2020 жылы байқауға болады, себебі карантиндік шектеулер өз кері әсерін тигізді.

Қазақстан аймақтарының тұрақты әлеуметтік-экономикалық даму көрсеткіштерін талдау. Ел аймақтарының дамуын және олардың ЖІӨ-ге қосқан үлесін бағалауға көмектесетін негізгі көрсеткіштердің бірі өзінің экономикалық мазмұны

бойынша ЖІӨ көрсеткішіне сәйкес келетін жалпы өңірлік өнім (ЖӨӨ) болып табылады. ЖӨӨ - аймақтың экономикалық қызметін сипаттайтын өңірлерді талдау және салыстыру үшін жиі қолданылатын макроэкономикалық көрсеткіш [7].

Ұлттық экономиканың тұрақты және тиімді дамуы көбінесе экономиканың салалары мен

оның жай-күйіне және даму деңгейіне байланысты.

Төменде 2-кестеде 2019 жылдан бастап 2023 жылға дейінгі кезеңде Қазақстанның өңірлері бойынша жалпы өңірлік өнім бойынша динамикадағы мәліметтер млрд. теңгемен келтірілген.

**2 – кесте. 2019-2023 жылдардағы Қазақстан Республикасының аймақтары бойынша жалпы өңірлік өнім көлемі**

№	Аймақтар	Жылдар					Ауытқуы 2023/2019 +,- / %
		2019	2020	2021	2022	2023	
1	ҚР жалпы өңірлік өнім, млрд. теңге	69532,6	70649	83951,5	103765,5	119808,1	50275,5/ 72,3
2	Ақмола	1933,5	2283,9	2678,1	3484,5	3860,4	1926,9 / 99,6
3	Ақтөбе	2974,4	2956,8	3586,2	4416,8	4254,1	1279,7 / 43,0
4	Алматы	3246	3731	4606,7	4267,6	5219,2	1973,2 / 60,7
5	Атырау	9327,2	7738,2	10627,5	13725,6	14327,2	5000 / 53,6
6	Батыс Қазақстан	2946,3	2735,9	3533	4435,1	5323,1	2376,8 / 80,6
7	Жамбыл	1712,8	1901,3	2262,7	2685,4	3051,6	1338,8 / 78,1
8	Қарағанды	5388,2	6099,8	7446,2	7278	8128,8	2740,6 / 50,8
9	Қостанай	2451,7	2872,2	3516,2	4182	4661,8	2210,1 / 90,1
10	Қызылорда	1828,8	1645	1926	2417,3	2589,9	761,1 / 41,6
11	Маңғыстау	3685,3	3074,3	3627	4401,1	4470,8	785,5 / 21,3
12	Павлодар	3029,6	3120,1	3883,8	4296,9	4374,1	1344,5 / 44,3
13	Солтүстік Қазақстан	1382,3	1571,9	1790,7	2198,8	2429,2	1046,9 / 75,7
14	Түркістан	2016,1	2384,1	2808	3517,2	4053,9	2037,8 / 101
15	Шығыс Қазақстан	4024,9	4605,5	5063,6	3916,8	4636,2	611,3 / 15,1
16	Абай	-	-	1836	2383,7	2801,9	-
17	Жетісу	-	-	1227	1426,8	1707,3	-
18	Ұлытау	-	-	1376,9	1609,7	2074,9	-
19	Астана қ.	7834,8	7975,2	8923,7	10672,4	12920,3	5085,5 / 64,9
20	Алматы қ.	13546,9	13459,8	15000,1	19154,5	24895,9	11349 / 83,7
21	Шымкент қ.	2202,9	2493,2	2671,5	3294,3	4026,6	1823,7 / 82,7

Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған

Егерде кестені талдайтын болсақ, келесідей көрсеткіштерді талдауға болады. Жалпы өңірлік өнім 2023 жылы 2019 жылмен салыстырғанда 50275,5 млрд теңгеге артқан.

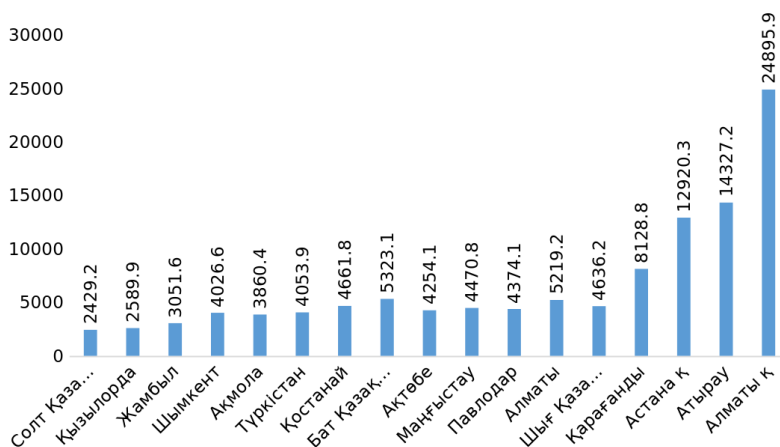
Аймақтар бойынша келесі тұжырымдар жасауға болады (1-сурет). 2023 жылдың қорытындысы

бойынша Қазақстан өңірлері арасында ЖӨӨ –нің ең жоғары көрсеткіші Алматы қаласында - 24895,9 млрд.теңгені; Атырау облысында - 14327,2 млрд. теңгені; Қарағанды облысында – 8128,8 млрд. теңгені; Батыс Қазақстан облысында - 5323,1 млрд. теңгені; Астана қаласында 12920,3 млрд. теңгені құрады. Қазақстанның жоғарыда



аталған өңірлері ең үздік 5 өңірдің қатарына енді. Әрине, дәстүр бойынша бұл аймақтар экономикалық дамуда ең дамыған болып саналады. Егер Атырау облысын мысалға алсақ, ол Қазақстанның мұнай астанасы болып саналады. Батыс Қазақстан және Қарағанды облыстары шикізаттық емес сипаттағы негізгі өнеркәсіптік кәсіпорындар шоғырланған өнеркәсіптік дамыған өңірлер болып табылады. Әрине, Қазақстанның Алматы және Астана қалалары сияқты ірі мегаполистері отандық және шетелдік

бизнес-қоғамдастық үшін өте тартымды болып саналады. ЖӨӨ көрсеткіші бойынша Алматы қаласы Қазақстан Республикасы өңірлерінің рейтингінде 1-орынды иеленгені бекер емес. Егер 2019 жылы ЖӨӨ көрсеткіші Алматы қаласында 13546,9 млрд. теңгені құрады, соңғы 5 жылда айтарлықтай өсім байқалды. 2023 жылы бұл көрсеткіш 24895,9 млрд. теңге деңгейіне жетті. 2019 жылмен салыстырғанда өсім 11349 млрд. теңгені құрады, пайыздық арақатынаста 83,7% - дан астам.



1 – сурет. ҚР өңірлері бойынша 2023 жылғы ЖӨӨ көрсеткішін талдау, млрд. теңге

Ескерту - stat.gov.kz деректері негізінде автормен құрастырылған

Бұл рейтингте аутсайдерлер Қызылорда облысы болып табылады. ЖӨӨ 2023 жылы 2589,9 млрд. теңгені құрады.

Солтүстік Қазақстан облысы да Қазақстан облыстары арасында ЖӨӨ көрсеткіші бойынша соңғы орындардың бірінде тұр. Мәселен, 2019 жылы ол 1382,3 млрд. теңгені құрады. 2023 жылы 2429,2 млрд.теңгені құрады. 2019 жылмен салыстырғанда өсім 1046,9 млрд. теңгені құрады. Егер біз 2023 және 2019 жылдардағы пайыздық өсімді талдайтын болсақ, онда бұл көрсеткіш соңғы бес жылда 75,7% - ға өсті. Біздің ойымызша, бұл аймақ Қазақстан бойынша ең соңғы орында тұрса да, дамудың жақсы көрсеткішін көрсетіп отыр.

Жамбыл облысы да ең нашар облыстардың қатарында және Қазақстанның басқа өңірлерімен салыстырғанда ең төмен көрсеткіштерді көрсетуде. Осы облыстың ЖӨӨ талдауы 2019 жылы

1712,8 млрд. теңгені құрағанын, 2020 жылы жылдық көрсеткіші 1901,3 млрд. теңгені құрағанын көрсетті. Осы жылдармен салыстырғанда өсім 188,5 млрд. теңгені құрады. 2021 жылы бұл өсу үрдісі сақталып, 2262,7 млрд.теңгені құрады. 2023 жылы бұл көрсеткіш 3051,6 млрд. теңгеге дейін ұлғайды. 2023 жылы ауытқу 2022 жылмен салыстырғанда 366,2 млрд. теңгені құрады.

Аймақтың дамуын сипаттайтын маңызды көрсеткішті қарастырайық, бұл өнеркәсіптік өнім өндірісінің көрсеткіші болып табылады (кесте 3).

Бұл көрсеткіш облыстың өнеркәсіптік әлеуетін сипаттайды. Өйткені, өнеркәсіп салаларын дамыту көші-қон және демографиялық мәселелер, халықтың түрлі әлеуметтік мәселелері және т. б. сияқты көптеген әлеуметтік мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

3 – кесте. Өнеркәсіп өнімін (тауарларды, көрсетілетін қызметтерді) өндіру көлемі

№	Аймақтар	2019 ж.	2020 ж.	2021 ж.	2022 ж.	2023 ж.	Ауытқуы 2023/2019 +,- / %
1	Қазақстан Республикасы, млрд. теңге	29380,3	27028,5	37606,2	48777,1	46991,7	17611,4/59,9
2	Ақмола	791,1	1040,5	1138,9	1515	1793,1	1002/126,6
3	Ақтөбе	1856,7	1595,5	2247,4	2827,3	2544,9	688,2/37,0
4	Алматы	1009,8	1246,5	1500,7	1651,7	1753,1	743,3/73,6
5	Атырау	7888,1	5174,8	8557,5	13341,7	10815	2926,9/37,1
6	Батыс Қазақстан	2392,1	1822,8	2843,1	3924,9	3527,1	1135/47,4
7	Жамбыл	476,9	518,2	639,1	881,3	856,2	379,3/79,5
8	Қарағанды	2620,9	2965,6	4353,6	3865,3	3531,6	910,7/34,7
9	Қостанай	1206,9	1541,9	2333,1	2470,1	2670,3	1463,4/121,2
10	Қызылорда	852,1	653,2	808,5	977,9	1043,5	191,4/22,4
11	Маңғыстау	2908,7	2156,4	2726,7	3182,6	3065,7	157/5,4
12	Павлодар	1988,9	2117	2783,3	3230,4	3157,6	1168,7/58,7
13	Солтүстік Қазақстан	263,5	315,5	394,6	519,6	674,8	411,3/156,1
14	Түркістан	504,9	543,1	738,2	907,9	1054,7	549,8/108,8
15	Шығыс Қазақстан	2153,9	2400,3	2763,4	2217,6	2319,9	166/7,7
16	Абай	-	-	-	1225,8	1597	-
17	Жетісу	-	-	-	297,3	325,2	-
18	Ұлытау	-	-	-	1036,5	1141,3	-
19	Астана қ.	884,3	1184,4	1543,9	1972,3	1933	1048,7/118,5
20	Алматы қ.	1001,1	1081,6	1420,7	1763,7	2096	1094,9/109,3
21	Шымкент қ.	579,5	670,5	812,8	967,2	1090,7	511,2/88,2

Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған

Қазақстан Республикасы бойынша өнеркәсіп өнімі өндірісінің көлемі серпінмен өзгерді. Мәселен, 2019 жылы бұл көрсеткіш 29380,3 млрд.теңгені құрады, 2020 жылы 27028,5 млрд.теңгені құрады. Жалпы Республика бойынша бұл көрсеткіш 2023 жылы 2019 жылмен салыстырғанда 17611,4 млрд.теңгеге артты (59,9 пайыз).

Өңірлер бөлінісінде 2023 жылы рейтингті дәстүрлі түрде 10815,0 млрд. теңге көрсеткішімен Атырау облысы алады. Жалпы, Атырау облысы бірнеше жыл қатарынан ҚР негізгі мақ-

роэкономикалық көрсеткіштері бойынша бірінші орында тұр. Одан кейін Қарағанды өңірі 3531,6 млрд.теңге, Батыс Қазақстан облысы – 3527,1 млрд. теңге, Павлодар облысы – 3157,6 млрд. теңге. Бұдан әрі 3065,7 млрд. теңге көрсеткішімен Маңғыстау облысы және 2319,9 млрд. теңге көрсеткішімен Шығыс Қазақстан облысы орналасқан. Бұдан кейін Ақтөбе облысы 2544,9 млрд. теңге көрсеткішімен келеді. Қазақстан бойынша Республикалық маңызы бар қалалар арасында Астана қаласы осы көрсеткіш бойынша орташа деңгейі 1933,0 млрд. теңге, Алматы қаласы 2096,0 млрд. теңгені құрайды.

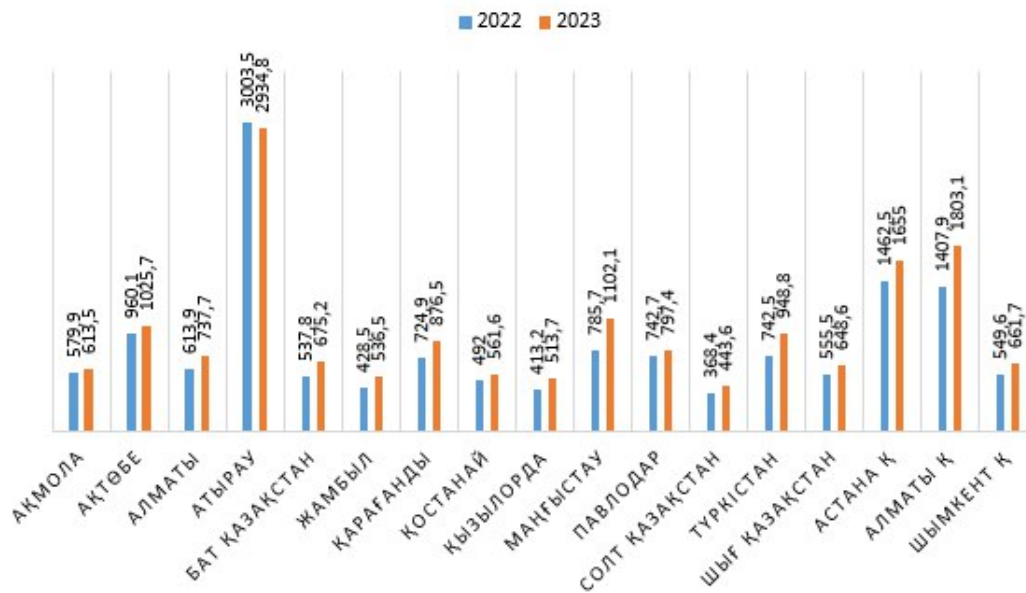
## 4 – кесте. ҚР өңірлері бөлінісінде негізгі капиталға инвестициялар көлемі

Аймақтар	2019 ж.	2020 ж.	2021 ж.	2022 ж.	2023 ж.	Ауытқуы 2023/2019 +,- / %
Қазақстан Республикасы, млрд. теңге	12576,7	12270,1	13242,2	15251,1	17649,3	5072,6/40,3
Ақмола	333,7	436,6	514,6	579,9	613,5	279,8/83,8
Ақтөбе	598,8	648	817,1	960,1	1025,7	426,9/71,2
Алматы	647,3	682,4	733,4	613,9	737,7	90,4/13,9
Атырау	4328,2	3178,9	2910,1	3003,5	2934,8	-1393,4/-32,1
Батыс Қазақстан	586,2	481,4	428,7	537,8	675,2	89/15,1
Жамбыл	296,3	350	398,6	428,5	536,5	240,2/81,0
Қарағанды	811,4	692,3	796,8	724,9	876,5	65,1/8,1
Қостанай	288,7	336,5	431,1	492	561,6	272,9/94,5
Қызылорда	400,2	292,3	308,9	413,2	513,7	113,5/28,3
Маңғыстау	556,5	582,2	629,1	785,7	1102,1	545,6/98,1
Павлодар	494,6	487,1	571,9	742,7	797,4	302,8/61,2
Солтүстік Қазақстан	234,4	286,2	333,1	368,4	443,6	209,2/89,2
Түркістан	443,5	705,7	659,1	742,5	948,8	505,3/113,9
Шығыс Қазақстан	621,9	729,1	834	555,2	648,6	26,7/4,3
Абай	-	-	-	414,4	527,3	-
Жетісу	-	-	-	291,8	356,7	-
Ұлытау	-	-	-	175,4	228,9	-
Астана қ.	919,1	1125,2	1225	1462,5	1655	735,9/80,0
Алматы қ.	820,4	976,7	1187,6	1407,9	1803,1	982,7/119,7
Шымкент қ.	194,9	278,7	462,4	549,6	661,7	466,8/239,5
Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған						

Ең нашар нәтижелерді Солтүстік Қазақстан облысы 674,8 млрд. теңге көрсеткенін байқауға болады. Жамбыл облысында да бұл көрсеткіш деңгейі 2023 жылы 856,2 млрд. теңгені құрайды. Түркістан және Қызылорда облыстары айтарлықтай төмен көрсеткіштерді көрсетіп отыр. Мәселен, 2023 жылы Түркістан облысында өнеркәсіп өнімін өндіру көлемі 1054,7 млрд. теңгені, ал Қызылорда облысында 1043,5 млрд. теңгені құрады.

Аймақтың экономикалық дамуын сипаттайтын келесі маңызды көрсеткіш-негізгі капиталға инвестициялар. Бұл өңірге инвестиция тарту жана

өндірістерді ашуға, соның ішінде жана және қосымша жұмыс орындарын құруға ықпал ететін болады. Өз кезегінде, бұл Қазақстан Республикасының көптеген аймақтарына мемлекеттің үдемелі экономикалық инвестициялық саясатының арқасында белсенді түрде өз шешімін табатын әлеуметтік аспектілерді шешуге мүмкіндік береді. Тікелей шетелдік инвестицияларды тарту жетілдірілген технология, басқару дағдылары, ноу-хау, инновациялық мүмкіндіктер, капиталды жинақтау және онымен байланысты физикалық активтерді алу сияқты құнды материалдық және материалдық емес активтерді алуға ықпал етеді [8].



2 – сурет. 2022-2023 жж. ҚР өңірлері бойынша негізгі капиталға инвестициялар көлемінің серпіні, млрд. теңге

Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған

Қазақстан Республикасы бойынша негізгі капиталға инвестициялар көлемі 2019 жылы 12576,7 млрд. теңгені құрады, ал 2020 жылы бұл көрсеткіш азайып, 12270,1 млрд.теңгені құрады. 2020 жылы инвестициялық жобалардың көпшілігі пандемияға байланысты қатып қалды немесе белгісіз мерзімге кейінге қалдырылды. 2021 жылы Қазақстан экономикасы қалпына келе бастады, онда экономиканың барлық салаларында экономикалық даму индикаторлары тұтастай өсе бастады. 2021 жылы инвестиция көлемі бойынша өсім 13242,2 млрд. теңгені құрады. Бұл жағдайда бұл көрсеткіштің айтарлықтай өсуі байқалады, ол 972,1 млрд. теңгені құрады. 2023 жылы 2022 жылға қарағанда 2398,2 млрд. теңгеге артты.

Өңірлер бойынша негізгі капиталға инвестициялар көлемінің динамикасын талдау мыналарды

көрсетті. 2022-2023 жылдар кезеңінде өңірлер арасында сенімді бірінші орынды Атырау өңірі алады, онда негізгі капиталға инвестициялар көлемі 2022 жылы – 3003,5 млрд.теңге, ал келесі 2023 жылы керісінше осы көрсеткіш бойынша төмендеу орын алды, ол 2934,8 млрд. теңгені құрады. Бұл жағдайда ауытқу 68,7 млрд. теңгені құрады. Өңірдегі инвестициялардың жалпы көлемінің қысқаруының себебі – өнеркәсіпке салымдардың күрт төмендеуі салдарынан болып отыр. Өңір өнеркәсібінің негізгі бағыты «шикі мұнай және табиғи газ өндіру» болып табылады. Атырау облысының мұнай-газ секторына жоғары тәуелділігі өңірді әлемдік энергетика нарығындағы өзгерістерге осал етеді. Мұнай бағасының төмендеуі осы салада жұмыс істейтін компаниялардың кірістерін төмендетеді, бұл өз кезегінде өндірісті дамытуға және модернизациялауға инвестиция көлемін азайтады.

## 5 – кесте. Халықтың жан басына шаққандағы орташа номиналды ақшалай кірістерін бағалау

Аймақтар	орташа жан басына шаққанда, теңге					Ауытқуы 2023/2019
	2019 ж.	2020 ж.	2021 ж.	2022 ж.	2023 ж.	
Қазақстан Республикасы	104282	116126	130616	164438	189953	85674/82,1
Ақмола	91933	107224	122039	151345	168301	76368/83,1
Ақтөбе	92696	98360	115009	142531	163509	70813/76,3
Алматы	79528	86606	101709	124587	131885	52357/65,8
Атырау	212571	215076	251597	291852	319998	107427/50,5
Батыс Қазақстан	107202	112319	128077	151855	172089	64887/60,5
Жамбыл	70330	80516	90255	112952	129051	58721/83,5
Қарағанды	106481	130552	140164	172498	208453	101972/95,7
Қостанай	92543	105856	124221	156124	178837	86294/93,2
Қызылорда	76971	85142	92531	120896	136698	59727/77,5
Маңғыстау	137539	141506	156740	200232	231263	93724/68,1
Павлодар	106226	119334	138244	181426	199404	93178/87,7
Солтүстік Қазақстан	88229	103292	117275	156386	178495	90266/102,3
Түркістан	52650	63443	69103	90078	103735	51085/97,0
Шығыс Қазақстан	97835	111632	133689	183500	208691	110856/113,3
Абай	-	-	116776	139511	164138	-
Жетісу	-	-	91986	114873	127875	-
Ұлытау	-	-	162387	204233	263693	-
Астана қ.	162400	174396	194398	238677	272742	110342/67,9
Алматы қ.	150380	164721	179554	238496	288339	137959/91,7
Шымкент қ.	70202	75725	81714	102796	120218	50016/71,2
Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған						

Бұдан әрі негізгі капиталға инвестициялар тарту бойынша үздік өңірлердің тізімін ірі іскерлік орталық – Алматы қаласы алады, 2022 жылы көрсеткіші 1407,9 млрд.теңге, 2023 жылы 1803,1 млрд. теңгені құрады. Жоғарыда көрсетілген сандардан Алматы қаласы бойынша бұл көрсеткіштің артып келе жатқанын байқауға болады. Өсім салыстырмалы түрде 128% құрады.

Инвестициялар көлемі деңгейі бойынша рейтингте келесі орынды Астана қаласы алады. 2022 жылы бұл көрсеткіштің мәні 1462,5 млрд.теңгені, 2023 жылы 1655,0 млрд. теңгені құрады. Берілген сандар бойынша осы көрсеткіштің тұрақты өсуін байқауға болады, өсім 113,1% құрады.

Бұдан әрі негізінен өнеркәсіптік өңірлер орналасқан аймақтар алады, олар Шығыс Қазақстан облысы, Қарағанды облысы, Маңғыстау облысы,

Алматы облысы, Ақмола облысы және т.б.

Инвестиция тарту бойынша ең төмен нәтижелерді Солтүстік Қазақстан облысы көрсетеді. Мәселен, осы өңірде негізгі қаражатқа инвестициялар тарту көрсеткіші 2022 жылы 368,4 млрд.теңгені құрады, 2023 жылы бұл көрсеткіш 443,6 млрд.теңгеге дейін ұлғайды. Салыстырмалы түрде өсім 120,4% құрады. Біздің ойымызша, бұл жақсы нәтиже және біз бұл аймақтың қазіргі уақытта өте қарқынды дамып келе жатқанын көріп отырмыз.

Кесте мәліметтерін талдайтын болсақ, халықтың жан басына шаққандағы орташа номиналды ақшалай кірістері Атырау және Маңғыстау облыстарында жоғары мәнге ие, яғни 319998 және 231263 теңгені құрайды. Дәстүрлі түрде мұнай ресурстарына бай аймақ дамыған мұнай-газ сек-



торының және осы саладағы жоғары жалақының арқасында көшбасшылықты сақтауды жалғастыруда. Одан кейінгі орында Астана және Алматы қалалары алады, 272742 және 288339 теңгені құрайды.

Аймақтар арасындағы аутсайдер болып Түркістан облысы орналасқан, онда жан басына шаққандағы орташа табыс небәрі 103735 теңгені құрайды. Бұл республика бойынша орташа көрсеткіштерден екі есе аз. Түркістан облысы ауыл шаруашылығы бағытымен және өнеркәсіптік даму деңгейінің төмендігімен жергілікті халықтың табыс деңгейіне әсер ететін баяу экономикалық өсіммен бетпе-бет келеді.

Тұрақты даму тұжырымдамасы үш өлшемге негізделген. Аймақтардың дамуы, әдетте, белгілі бір аумақтағы қоғамдастықтың (әлеуметтік, экономикалық, экологиялық және денсаулық сақтау, технологиялық, мәдени және рекреациялық) интегралды дамуы ретінде анықталады. Аймақтың дамуы олардың оңтайлы кеңеюіне негізделуі керек құрамдас бөліктер (әлеуметтік, табиғи және экономикалық даму аспектілері) өмірдің белгілі бір деңгейін ұстап тұруға және аталған құрамдас бөліктер арқылы сапаны жақсартуға бағытталған. Өңірлік даму белгілі бір аумақтағы дәстүрлі саясатты ғана емес, сонымен бірге нақты саяси және мәдени контексте ұйымдастырылған әлеуметтік-экономикалық процесті де қамтиды. Бүгінгі контекстегі аймақтық даму көптеген дағдарыстар (қаржылық, азық-түлік және энергетика) бізді қазіргі заманның экономикалық парадигмасын қайта қарауға және қазіргі уақытта болашақ ұрпаққа жұмыспен қамту, әлеуметтік прогресс, өмір сапасы және табиғатты құрметтеу салаларында қалдыратын орындалмаған уәделерді қалай жақсырақ орындау керектігін бағалауға мәжбүр ететін маңызды кезеңде. Орнықты даму тіректерін өңірлік деңгейге интеграциялаудың маңыздылығына күмән жоқ болса да, бұл тұжырымдаманы іске асыру іс жүзінде күрделі міндет болып шықты. Шын мәнінде, тұрақты дамудың

экологиялық, экономикалық және әлеуметтік өлшемдерін аймақтық деңгейде интеграциялау әр түрлі салаларда бірін-бірі толықтыратын және үйлестірілген іс-әрекеттерді жүзеге асыруды көздейді, бұл экономикалық өсуге алып келеді, сонымен қатар әлеуметтік мақсаттарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Осы үш өлшемнің тиімді интеграциясы бір-бірін толықтыратын және тұрақты дамудың жан-жақты шеңберіне сәйкес келетін бағытталған және нақты іс-шаралар кешенін жүзеге асыруды талап етеді [9].

Мысалы, өнеркәсіптік даму деңгейі жоғары аймақтарға белсенді бейімделу моделі тән болды, ол өз күштерін пайдалану стратегиясына, нарыққа жедел ілгерілеуді қамтамасыз ететін инновациялық, дәстүрлі емес әдістер мен ынталандыруларды таба білуге бағытталған. Тұрақты дамуға бейімделу коэффициентін анықтау үшін келесі көрсеткіштерді есептеуге болады.

Орнықты дамуға бейімделудің өңірлік коэффициенті математикалық, дәлірек айтқанда, өңірдің жан басына шаққандағы жалпы өңірлік өнімінің республика халқының жан басына шаққандағы жалпы өңірлік өнімге қатынасы ретінде есептелді. Ұсынылған есептік көрсеткіш бұл салыстырмалы бейімделудің аймақтық коэффициенті, ол интеграцияланған түрде аймақтың даму дәрежесін, сондай-ақ белгілі бір аумақта экономиканың тиімділігі мен күрделілігін көрсетеді. Сонымен, тұрақтылыққа салыстырмалы бейімделудің аймақтық коэффициенті:

$$C_{(ra)} = \frac{GRP_{preg}}{GRP_{prep}}$$

Мұнда:

$GRP_{preg}$  — жан басына шаққандағы жалпы өңірлік өнімі;

$GRP_{prep}$  — республиканың жан басына шаққандағы жалпы өңірлік өнімі [10].

Осы есептеу бойынша аймақтық коэффициент 6 кестеде көрсетілген.

**6 – кесте. 2021-2023 жылдарға арналған тұрақты дамуға бейімделуге қатысты аймақтық коэффициенті**

Аймақтар	2021 ж.	2022 ж.	2023 ж.
Ақмола	0,82503	0,83797	0,81372
Ақтөбе	0,90135	0,90604	0,75672
Алматы	0,49822	0,54117	0,57091
Атырау	3,6301	3,77957	3,40661
Батыс Қазақстан	1,20501	1,22386	1,28014
Жамбыл	0,44747	0,41859	0,41533
Қарағанды	1,22667	1,21347	1,18949
Қостанай	0,92415	0,9489	0,93169
Қызылорда	0,53081	0,55213	0,51347
Маңғыстау	1,12417	1,10086	0,95578
Павлодар	1,17363	1,10758	0,96304
Солтүстік Қазақстан	0,75008	0,77538	0,7583
Түркістан	0,30853	0,31634	0,31602
Шығыс Қазақстан	0,84271	1,01307	1,05686
Астана қ.	1,66638	1,52398	1,54135
Алматы қ.	1,69668	1,70029	1,88368
Шымкент қ.	0,55295	0,52952	0,55406
Ескерту - stat.gov.kz деректер негізінде автор құрастырған			

Өңірлердің тұрақты даму талаптарына бейімделу дәрежесін анықтау күрделі мәселелердің бірі болып табылады, ол екеуін де біріктіруді қажет етеді: сандық және сапалық тәсілдер. Оның зерттеу нысаны аймақтың әлеуметтік-экономикалық әлеуеті болғандықтан, оны пайдалану тұтастай республика экономикасын реформалау барысымен анықталады. Аймақтың әлеуметтік-экономикалық әлеуеті жалпы қоғамда болып жатқан терең сандық және сапалық өзгерістерге байланысты.

Әлеуметтік-экономикалық әлеуеттің аймақтық көрінісі:

- экономикалық, әлеуметтік және экологиялық дамудың күрделілігі;
- табиғатты пайдалану және қоршаған ортаны қорғау қоғамдастығының міндеттері;
- аумақтық өндірістік қоғамдастық;
- халықтың салыстырмалы тұрақтылығы және елді мекендер жүйесінің бірлігі;
- аумақта жұмыс істейтін өндірістік, әлеуметтік және нарықтық инфрақұрылымның бірлігі.

Тұрақты дамуға бейімделудің өңірлік коэффициентін бағалау 2021-2023 жылдар аралығында Атырау облыстары мен Астана және Алматы қалалары тұрақты түрде көш бастап тұрғанын көрсетті. Осылайша, Жамбыл және Түркістан облыстары ең төменгі көрсеткішті көрсетіп отыр.

**Қорытынды.** Аймақтық дамуды мемлекеттік басқару саласындағы зерттеулер аймақтық саясаттың әр түрлі басым бағыттарын бөліп көрсетеді, олардың таңдауы көбінесе белгілі бір даму сценарийіне сәйкес келеді.

Қазақстан аймақтарының әлеуметтік-экономикалық жағдайы бүгінгі таңда олардың дамуында белгілі бір теңгерімсіздіктер орын алатындай дамыды. Олардың кейбіреулері айтарлықтай даму қарқынына ие және тұрақты оң динамика байқалады. Өнеркәсіптік қалаларда экономикалық көрсеткіштер жақсы нәтиже көрсетеді, бірақ кірістер мен шығыстардың өмір сүру деңгейі артта қалған аймақтарға ұқсас, елдің оңтүстігінде орналасқан аймақтар төмен макроэкономикалық көрсеткіштерді көрсетеді, бірақ шағын және орта бизнесті дамытуда

көшбасшы болып табылады. Бұл жоғары кәсіпкерлік факторға қатысты. Өнеркәсіптік қалаларда халықтың 80%-дан астамы жалдамалы жұмысшылар болса, өнеркәсіптік емес қалаларда халық шағын және орта бизнеспен айналысады.

Республика өңірлерінде жұмыссыздық деңгейі, тұтыну бағаларының индексі және тұтыну үшін пайдаланылатын табысы ең төменгі күнкөріс деңгейінен төмен халықтың үлесі айтарлықтай қарқынмен төмендеуде. Сондай-ақ, көптеген кезеңдерде инфляция деңгейі ақшалай кірістердің номиналды индексінің өсуінен төмен, яғни халықтың нақты кірістерінің өсуі байқалады.

Аймақтық экономиканы тұрақты дамуға бейімдеу экономиканы бәсекеге қабілетті деңгейге жеткізу стратегиясын таңдау және әлеуметтік салалардың дамуындағы айырмашылықтарды азайту, яғни халықтың өмір сүру деңгейін теңестіру сияқты өзара байланысты екі мәселені шешуді талап етеді. Аймақтардағы объективті айырмашылықтар оларды дамыту стратегияларын әзірлеуде сараланған тәсілдерді қажет етеді. Осы тұрғыдан алғанда, шешімі жан-жақты жүзеге асырылуы тиіс проблемалық аймақтардың

кластерлерін анықтау.

Аймақтың экономикалық әлеуетін анықтау мақсатында біз тұрақты дамуға бейімделудің аймақтық коэффициентін есептедік, онда көрсеткіштері төмен аймақтар анықталды, олар Түркістан және Жамбыл облыстары. Бұл аймақтар көптеген макроэкономикалық көрсеткіштер бойынша артта қалғанын көрсетсе де, бұл аймақтар шағын және орта кәсіпкерліктің белсенділігі бойынша көш бастап тұр. Экономиканың негізгі қозғаушы күші шағын және орта бизнес екені белгілі.

Аймақтардағы объективті айырмашылықтар оларды дамыту стратегияларын әзірлеуде сараланған тәсілдерді қажет етеді. Аймақтық экономиканы тұрақты дамуға бейімдеу өзара байланысты екі мәселені шешуді талап етеді, мысалы, экономиканы бәсекеге қабілетті деңгейге жеткізу стратегиясын таңдау және халықтың өмір сүру деңгейін теңестіру үшін әлеуметтік салалардың дамуындағы айырмашылықтарды азайту. Осы тұрғыдан алғанда, осы міндеттерді шешу кешенді түрде жүзеге асырылуы тиіс проблемалық аймақтардың кластерлерін анықтау қажет сияқты.

### Әдебиеттер

1. Кузнецов А. П. Устойчивое развитие региона: эколого-экономические аспекты: монография / Кузнецов А.П., Селименков Р.Ю.; под науч. рук. д-ра экон. наук, проф. Усковой Т.В. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015. – 136 с. ISBN 978-5-93299-306-4
2. Жангирова Р.Н. Возможности и условия устойчивого развития аграрной отрасли Республики Казахстан // Вестник университета «Туран». -2020. -№3 (87). С. 78-83. DOI: 10.46914/1562-2959-2020-1-3-78-83
3. Стеблянская А.Н., Ванг Дж., Габдрахманова Н.Т., Алероев У.А. Системная трансформация экофинансовой модели устойчивого роста (на примере китайских и российских нефтегазовых компаний) // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. -2019. -№4. URL: <https://cyberleninka.ru> (қаралған күні: 14.10.2024).
4. Кириллов С.Н., Молоткова Е.Г. Факторы устойчивого развития региона // Юг России: экология, развитие. -2010. –Т. 5(4). –С. 20-22. DOI: 10.18470/1992-1098-2010-4-20-22
5. Аникина И.Д., Аникин А.А. Эколого-экономическое состояние регионов: совершенствование методологии и методики оценки // Вестник ВолГУ. Серия 3: Экономика. Экология. -2019. -№4. –Р. 141-151. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2019.4.14
6. Барташевич А.А. Формирование механизма регионального устойчивого развития на базе управления эколого - экономическими рисками (на материалах Карачаево - Черкесской республики): автореф. дис. ...канд. экон. наук: 08.00.05- Майкоп, 2012. – 28 с.

7. Малдыбаева Г. Валовый региональный продукт: оценка развития территорий // Ежеквартальный научно – информационный журнал Экономика и статистика - 3/2017 год. - С.4-10.
8. Ыдырыс С.С., Шарханова Б. Прямые иностранные инвестиции в странах центральной Азии: лидеры, способы привлечения, перспективы // Вестник КазУЭФиМТ. -№1(46) /2022. – С. 178-185. DOI:10.52260/2304-7216.2022.1(46).23
9. Sandra C. Valencia, David Simon, Sylvia Croese, Joakim Nordqvist, Michael Oloko, Tarun Sharma, Nick Taylor Buck & Ileana Versace Adapting the Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda to the city level: Initial reflections from a comparative research project // International Journal of Urban Sustainable Development. -2019. –P. 4-23. DOI: 10.1080/19463138.2019.1573172
10. Khajieva, G. Problems of socio-economic development of Kazakhstan' s regions in the context of adaptation to the sustainable development / G. Khajieva, A. Omir // Экономика: стратегия и практика. – 2020. – Vol. 15, No. 2. – P. 175-186.

### References

1. Kuznecov A. P. Ustojchivoe razvitie regiona: jekologo-jekonomicheskie aspekty: monografija / Kuznecov A.P., Selimenkov R.Ju.; pod nauch. ruk. d-ra jekon. nauk, prof. Uskovej T.V. – Vologda: ISJeRT RAN, 2015. – 136 s. ISBN 978-5-93299-306-4 [in Russian]
2. Zhangirova R.N. Vozmozhnosti i uslovija ustojchivogo razvitiya agrarnoj otrasli Respubliki Kazahstan // Vestnik universiteta «Turan». -2020. -№3 (87). S. 78-83. DOI: 10.46914/1562-2959-2020-1-3-78-83 [in Russian]
3. Stebljanskaja A.N., Vang Dzh., Gabdrahmanova N.T., Aleroev U.A. Sistemnaja transformacija jekofinansovoj modeli ustojchivogo rosta (na primere kitajskih i rossijskih neftegazovyh kompanij) // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 6. Jekonomika. -2019. -№4. URL: <https://cyberleninka.ru> (date of review:: 14.10.2024). [in Russian]
4. Kirillov S.N., Molotkova E.G. Faktory ustojchivogo razvitiya regiona // Jug Rossii: jekologija, razvitie. -2010. –T. 5(4). –S. 20-22. DOI: 10.18470/1992-1098-2010-4-20-22 [in Russian]
5. Anikina I.D., Anikin A.A. Jekologo-jekonomicheskoe sostojanie regionov: sovershenstvovanie metodologii i metodiki ocenki // Vestnik VolGU. Serija 3: Jekonomika. Jekologija. -2019. -№4. –P. 141-151. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2019.4.14 v
6. Bartashevich A.A. Formirovanie mehanizma regional' nogo ustojchivogo razvitiya na baze upravlenija jekologo - jekonomicheskimi riskami (na materialah Karachaevo - Cherkesskoj respublik): avtoref. dis. ...kand. jekon. nauk: 08.00.05- Majkop, 2012. – 28 s. [in Russian]
7. Maldybaeva G. Valovyj regional' nyj produkt: ocenka razvitiya territorij //Ezhekvtal' nyj nauchno – informacionnyj zhurnal Jekonomika i statistika - 3/2017 god. - S.4-10. [in Russian]
8. Ydyrys S.S., Sharhanova B. Prjamyje inostrannye investicii v stranah central' noj Azii: lidery, sposoby privlechenija, perspektivy // Vestnik KazUJeFiMТ. -№1(46) /2022. – S. 178-185. DOI:10.52260/2304-7216.2022.1(46).23 [in Russian]
9. Sandra C. Valencia, David Simon, Sylvia Croese, Joakim Nordqvist, Michael Oloko, Tarun Sharma, Nick Taylor Buck & Ileana Versace Adapting the Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda to the city level: Initial reflections from a comparative research project // International Journal of Urban Sustainable Development. -2019. –P. 4-23. DOI: 10.1080/19463138.2019.1573172
10. Khajieva, G. Problems of socio-economic development of Kazakhstan' s regions in the context of adaptation to the sustainable development / G. Khajieva, A. Omir // Jekonomika: strategija i praktika. –

2020. – Vol. 15, No. 2. – P. 175-186.

*Авторлар туралы мәлімет*

Батцэнгэл Хуухээ - экономика ғылымдарының докторы, профессор, Қазіргі заманғы зерттеулер институтының директоры, Моңғол жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру университеті, Моңғолия, e-mail: battsengel1@mail.ru;

Касымова С.Б. - «Экономика және басқару» кафедрасының аға оқытушысы, магистр, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, e-mail: Sanim\_81@list.ru;

Мустафаев К.С. – э.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, e-mail: astana\_kzo@mail.ru.

*Information about the author*

Battsengel Khukhe – Doctor of Economics, Professor, Director of the Institute of Modern Studies, Graduate University of Mongolia, e-mail: battsengel1@mail.ru;

Kassymova S.B. - Master's degree, Senior Lecturer of the Department of Economics and Management, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, e-mail: Sanim\_81@list.ru;

Mustafayev K.S. – Candidate of Economics, Associate Professor, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, e-mail: astana\_kzo@mail.ru.



## ӨНЕРКӘСПТІК КЕШЕНДІ БАСҚАРУДА ЖОСПАРЛАУ МЕН БОЛЖАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУДЫ ЖЕТІЛДІРУ

А.К.Ибраева<sup>✉</sup>, Д.М. Акишева, М.С. Исакова

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан

✉ Корреспондент-автор: zeretai@mail.ru

Қазақстанның өнеркәсіптік кешенін басқаруды жоспарлау мен болжауды ұйымдастыруды жетілдіру мәселелері қарастырылған. Ұзақ мерзімді жоспарлау және болжамдау процестерінің сақталуы, өнеркәсіптік кешенді басқарудағы жоспарлы - болжамдық қызметті жетілдіру бойынша мемлекеттік органдардың функциялары ашылды. Зерттеу нәтижелері бойынша қорытындылар жасалды және өнеркәсіптік кешенді басқаруда жоспарлауды ұйымдастыруды жетілдіру бойынша шаралар ұсынылады. Жүргізілген зерттеу негізінде келесідей қорытынды жасауға болады: өнеркәсіптік кешендегі жоспарлы-болжамдық қызмет елдің индустриялық-инновациялық дамуының ұзақ мерзімді стратегиялық бағдарламаларын орындаудың кілті болып табылады; жоспарлы-болжамдық қызмет күрделі процесс болып табылады, оның сапасына өнеркәсіпті және тұтастай алғанда экономиканың мемлекеттік секторын дамытудың тиімділігі тәуелді болады; өнеркәсіп кешенінде жоспарлы-болжамдық қызметті реттеуді Қазақстан Республикасы Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі жүзеге асырады. Бұл органға жоспарлы-болжамдық органдар жүйесін жетілдіру жөніндегі функциялар кіреді. Институттың функцияларына өнеркәсіпті дамытуды үйлестіру және өнеркәсіп салаларын дамытудың негізгі үрдістерін болжау да жатады. Алайда, өнеркәсіптік кешенді басқаруда жоспарлау мен болжауды ұйымдастыруды жетілдіру мақсатында мынадай іс-шаралар жүргізу қажет: елдің әрбір аймағында өңірдің өнеркәсіптік кешенін басқаруды жоспарлау және болжау қызметтерін ұсыну жөнінде тәуелсіз кеңестік орталықтар құру, тәуелсіз кеңестік орталықтардың негізінде тәуелсіз сараптамалар жүргізу жөніндегі сараптамалық мекемелер құру, өңірлік өнеркәсіпті дамытудың стратегиялық бағдарламаларын іске асыру жөніндегі жоспарларды, өңірлік болжамдарды, жоспарларды, бағдарламаларды әзірлеуге кәсіпорындардың мамандарын тарту.

**Түйін сөздер:** жоспарлау, болжамдау, индустриялық даму, өнеркәсіптік кешен.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

А.К.Ибраева<sup>✉</sup>, Д.М. Акишева, М.С. Исакова

НАО университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан,  
e-mail: zeretai@mail.ru

Рассмотрены вопросы совершенствования организации планирования и прогнозирования управления промышленным комплексом Казахстана. По результатам исследования предложены меры по совершенствованию организации планирования в управлении промышленным комплексом. На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы: планирование и прогнозирование деятельности в промышленном комплексе являются залогом долгосрочного краткосрочные стратегические программы Планирование и прогнозирование деятельности - это сложный процесс, от качества которого зависит эффективность развития отрасли и государственного сектора экономики в целом; Плановую и прогнозируемую деятельность в промышленном комплексе регулирует Министерство индустрии и новых технологий Республики Казахстан. Этот орган включает в себя функции по совершенствованию системы органов планирования и прогнозирования. Для совершенствования организации прогнозирования необходимо принять следующие меры: создание независимых консультационных центров по планированию и предоставлению прогнозных услуг в каждом регионе страны; привлечение специалистов предприятий к разработке региональных прогнозов, планов, программ.

**Ключевые слова:** планирование, прогнозирование, промышленное развитие, промышленный комплекс.

## IMPROVING THE ORGANIZATION OF PLANNING AND FORECASTING IN THE MANAGEMENT OF THE INDUSTRIAL COMPLEX

A.K. Ibraeva ✉, D.M. Akisheva, M.S. Iskakova

Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan,

e-mail: zeretai@mail.ru

The issues of improving the organization of planning and forecasting of the management of the industrial complex of Kazakhstan are considered. Based on the results of the study, measures are proposed to improve the organization of planning in the management of the industrial complex. Based on the study, the following conclusions can be made: planning and forecasting activities in the industrial complex are the key to long-term strategic programs. Planning and forecasting activities are a complex process, the quality of which depends on the effectiveness of the development of industry and the public sector of the economy as a whole; The Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan regulates the planned and forecasted activities in the industrial complex. This body includes the functions of improving the system of planning and forecasting bodies. In order to improve the organization of forecasting, it is necessary to take the following measures: establishment of independent consulting centers for planning and providing forecasting services in each region of the country, establishment of expert institutions for independent expertise on the basis of independent consulting centers; , involvement of specialists of enterprises in the development of regional forecasts, plans, programs.

**Keywords:** planning, forecasting, industrial development, industrial complex.

**Кіріспе.** Өнеркәсіптік кешенді басқаруда жоспарлауды ұйымдастыруды жетілдіру аймақтар үшін де, жалпы мемлекет үшін де проблемалық міндет болып табылады. Көрсетілген проблема өнеркәсіптік кешенді басқару жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органдардың жоспарлы - болжамдық қызметі жүйелерінің тиімділігін арттыру жолымен шешіледі.

Зерттеудің мақсаты инновациялық технологиялар негізінде өнеркәсіптік кешенді басқаруда жоспарлау мен болжауды ұйымдастырудың әдістемелік негіздерін әзірлеу және тиісті ұсыныстар әзірлеу болып табылады.

Қазақстанның өнеркәсіптік кешені үшін қазіргі кезеңде ұзақ мерзімді жоспарлауды дамыту неғұрлым тиімді болып табылады. Мұның себептері болып өнеркәсіптік кешенде жоспарлау мақсаттарына қол жеткізу үшін индикаторлар жүйесін әзірлеу және бекіту табылады. Сонымен қатар, өнеркәсіптік кешенді ұзақ мерзімді жоспарлау аймақтық деңгейде де, республикалық деңгейде де болуы мүмкін.

Бүгінгі таңда нарықтық экономика және эко-

номиканың қаржы секторының тұрақсыздығы жағдайында өнеркәсіптік өндірісті басқаруды жоспарлау күрделі және тәуекелді процесс болып табылады. Перспективалық жоспарды сапалы әзірлеу келесілермен байланысты өнеркәсіптік кешеннің стратегиялық мәселелерін іске асырады:

- өндіріс құрылымының сапа менеджментін арттыру;
- өнеркәсіпке инновацияларды уақтылы енгізумен;
- тиімді интеграцияланған құрылымдарды құру;- өзге де стратегиялық мәселелермен айналысуға тиіс.

Алайда, сапалы жоспарды әзірлеу өнеркәсіптік кешенді болжау жүйесінсіз мүмкін емес. Бұл жағдайда болжау жүйесінде нақты және бағытталған болжау процестері болады. Болжамның өзі екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезең мемлекеттің немесе аймақтың ғылыми – техникалық прогресі өнеркәсіптің болжамын әзірлеуді қамтиды. Екінші кезеңде техника мен технология динамикасының неғұрлым перспективалы бағыттарының

болжамы жасалады, сондай-ақ басым өндірістер айқындалады.

**Материалдар мен әдістер.** Бұдан әрі технологияларды, техниканы зерттеу және басым өндірістерді таңдау негізінде өндірістік кешенді дамытудың ұзақ мерзімді жоспары жасалады.

Ұзақ мерзімді жоспарды іске асыру оны іске

асыру әдістерін таңдауға байланысты. Практикада ұзақ мерзімді жоспардың тапсырмаларын бірнеше кезеңге саралау әдісі бар (негізінен кезең жылдарға бөлінеді). Осылайша, жоспарлау процесінің үздіксіздігі, нарықтық жағдайда өзгерістер болса, жоспарларды уақтылы түзету қамтамасыз етіледі.



**1-сурет – Өнеркәсіптік кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілік детерминанттары**

Кәсіпорында жоспарлау және болжау мәселелерінің теориялық және әдістемелік аспектілері келесідей авторлардың жұмыстарында қарастырылған: Л.Е. Басовский, Ф. Л. Шаров, Т. Г. Морозова, А. В. Пикулькин, В. И. Кушлин, Н. А. Волгин, Р. Гусейнов [1-5] және басқалар. Сонымен бірге нарықтық экономика жағдайында әдебиеттерде, өнеркәсіптік кешенді басқаруды дамытуды стратегиялық болжау мен жоспарлаудың теориялық, әдіснамалық сипатының бірқатар аспектілері жеткіліксіз қарастырылған.

Жоғарыда көрсетілген әдістемені қолдану процесінде уәкілетті мемлекеттік органдар тапсырмаларды кезеңдерге бөле отырып, ұзақ мерзімді жоспар жасайды. Бұл ретте жоспарды іске асырудың әрбір кезеңі үшін орындалатын жұмыстардың көлемін айқындау маңызды болып табылады. Сондай - ақ, берілген жұмыстарды орындауға

тағайындалған адам үшін қажетті мерзімдерді анықтау қажет [6].

Нарықтың катал шарты отандық өнім өндірушілердің бәсекелік қауқарын нығайтуды, өнімдерінің бәсекелік қыспақтарға төтеп берерлік қабілетін арттыруды, ішкі және сыртқы нарықтарда сұранысы жоғары өнім өндіруге тиімді әсері бар тетіктерді айқындауды және сол арқылы мемлекеттің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесін шешуді қажет етеді. Ұлттық экономикадағы нақты саланың дамуын қамтамасыз етуде, отандық өндірушілердің өнімдерін әлемдік нарықтың сұранысына сәйкестендіру бағытында атқарылатын іс-шаралардың тобына шығарылатын өнімдердің бәсекелік қабілетін қамтамасыз ету мәселесін жатқызуға болады.

Алайда, мұндай жоспарды құру өнеркәсіптік

кешенді басқарудағы тиімді жоспарлау және жоспарлау іс - шараларынсыз мүмкін емес. Жоспарлы-болжамдық қызметті жетілдіру мақсатында екі бағытта өзгерістер жүргізу қажет:

- жоспарлы-болжамдық органдар жүйесін жетілдіру;

- жоспарлы-болжамдық құжаттардың құрылымын оңтайландыру.

Бірінші бағытта барлық деңгейдегі жоспарлы - болжамдық органдар құрылымында кеңестік аппараттың рөлін күшейту басым міндет болып табылады. Мемлекеттік деңгейде жоспарлы-болжамдық үдерісті іске асыруда негізгі рөлді Қазақстан Республикасы өнеркәсіп және құрылыс министрлігінің, ал аймақтық деңгейде - облыстық және аудандық әкімдіктер жанындағы құрылымдық басқармалар мен бөлімдер жүзеге асырады.

Қазақстанда индустриялық-инновациялық даму процестерін жоспарлаумен және болжаумен, сондай - ақ өнеркәсіптік кешенді дамытудың стратегиялық бағдарламаларының қазіргі жай - күйін талдаумен "Қазақстандық индустрияны дамыту институты" АҚ ("ҚИДИ" АҚ), бұдан әрі - институт айналысады. [7].

Өнеркәсіпті басқаруда кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігі детерминанттардың екі негізгі тобы ретінде көрінетінін айқындап алған жөн. (сурет. 1).

Ұйымның бәсекеге қабілеттілігін зерттеген кезде, осы екі факторлар тобына баса назар аудару керек.

**Нәтижелермен талқылау.** ҚИДИ" АҚ Жарғысына сәйкес институт келесі қызмет түрлерін жүзеге асырады:

1) қазақстандық өндірістерді жаңғырту және әртараптандыру, инновациялық саясат саласында зерттеулер жүргізу, өнеркәсіптің өңдеуші секторларының және туризм индустриясының бәсекеге қабілеттілігін арттыру;

2) өнеркәсіп пен туризм индустриясын дамытудың теориялық, әдіснамалық және практикалық мәселелеріне зерттеулер жүргізу;

3) өнеркәсіп салаларын, туризм индустриясын

қайта құрылымдаудың және салааралық кооперацияны дамытудың экономикалық факторларына зерттеулер жүргізу, өнеркәсіптегі, туризм индустриясындағы қайта құрылымдау мен салааралық кооперацияны ынталандыру және қолдау жөніндегі шаралар әзірлеу;

4) өндірістерді, туризм объектілерін әртараптандырудың және кластерлерді дамытудың экономикалық факторларына зерттеулер жүргізу, өндірістерді, туризм объектілерін әртараптандыруды ынталандыру және қолдау, кластерлерді дамыту жөнінде шаралар әзірлеу;

5) туризмнің жаңа өндірістері мен объектілерін құрудың техникалық-экономикалық негіздемелерін және аумақтық орналастыру схемаларын, инвестициялық жобалар бойынша сараптамалық қорытындыларды, өңірлік өндірістік жүйелерді, туристік және өнеркәсіптік инфрақұрылымды қалыптастыру және дамыту тұжырымдамаларын әзірлеу;

6) Қазақстанның өнеркәсіп салалары мен туризм индустриясы сегменттерінің әлемдік өндірістік - шаруашылық жүйелерге интеграциялануын қамтамасыз ету және халықаралық туризмді дамыту жөнінде ұсыныстар дайындау;

7) өнеркәсіп пен туризм индустриясын дамыту мәселелері бойынша заң жобаларын, салалық бағдарламаларды, мемлекеттік органдардың мастер-жоспарлары мен іс - шаралар жоспарларын әзірлеуге қатысу;

8) туризм өнеркәсібі мен индустриясын дамытудың экономикалық көрсеткіштерін бағалау және бақылау үшін әдістемелер мен практикалық нұсқаулықтар әзірлеу;

9) өндірістерді оңтайлы орналастыру, кластерлерді дамыту, арнайы экономикалық және индустриялық аймақтар құру жөнінде ұсыныстар дайындау;

10) өнеркәсіп салалары мен туризм индустриясы дамуының негізгі үрдістерін болжау;

11) экономиканың басым секторларын дамыту саласында ақпараттық-талдамалық және кеңестік қызметтер көрсету;

12) индустриялық-инновациялық қызмет са-



ласындағы салалық бағдарламалардың орындалу мониторингіне қатысу;

13) индустриялық - инновациялық қызметті мемлекеттік қолдау саласындағы уәкілетті органға басым тауарлар мен көрсетілетін қызметтердің бірыңғай картасын әзірлеу және өзектілендіру бойынша қызметтер көрсету;

14) индустриялық - инновациялық қызметті мемлекеттік қолдау саласындағы уәкілетті органға Индустрияландыру картасының экономикалық тиімділігін талдау бойынша қызметтер көрсету;

15) озық технологияларды тарта отырып, қазақстандық кәсіпорындар мен ұйымдарға жана өндірістер құруға жәрдемдесу [8].

Институт функцияларын талдау, «ҚИДИ» АҚ экономиканың басым секторларын дамыту және өнеркәсіп салаларын дамытудың негізгі басымдықтарын болжау саласында консультация беруді жүзеге асыратынын көрсетеді.

Бұл функциялар өңірлер бойынша жоспарлы - болжамдық құжаттарды әзірлеу кезінде, қызмет көрсету жөніндегі институт мамандарының жеке қатысуының, сондай - ақ Қазақстанның электрондық үкіметінің порталындағы "Интернет" жүйесі арқылы қашықтықтан байланыстың қажеттілігін көздейді.

Жоспарлы-болжамды қызметті жетілдірудің екінші бағытын іске асыру мақсатында институт мынадай қызметтерді іске асырады:

болжау және жоспарлау бағдарламаларын және ілеспе құжаттаманы жасау;

- мемлекеттік органдардың жергілікті жерде жоспарлы-болжамды құжаттарын жасауды үйлестіру;

осы әзірлемелердің теңдігін қамтамасыз ету және оларды бірыңғай болжамда, өңірдің әлеуметтік-экономикалық даму жоспарында жинақтау [9].

Алайда, іс жүзінде институт мамандарының және жергілікті жерлердегі мемлекеттік органдардың жоспарлы-болжамды қызметін тәуелсіз бақылау немесе кеңес беру бойынша проблемалар айқын болып отыр.

**Қорытынды.** Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде келесідей қорытынды жасауға болады:

1) өнеркәсіптік кешендегі жоспарлы-болжамды қызмет елді индустриялық-инновациялық дамытудың ұзақ мерзімді стратегиялық бағдарламаларын орындаудың кілті болып табылады;

2) жоспарлы-болжамды қызмет күрделі процесс болып табылады, оның сапасынан жалпы экономиканың өнеркәсіптік және мемлекеттік секторын дамытудың тиімділігі тәуелді болады;

3) Қазақстанның өнеркәсіптік кешеніндегі жоспарлы-болжамды қызметті реттеуді Қазақстан Республикасы Индустрия және жаңа технологиялар министрлігінің Өнеркәсіп комитеті жүзеге асырады. Бұл органға жоспарлау және болжау органдарының жүйесін жетілдіру функциялары кіреді;

4) Қазақстанда жоспарлы - болжамды құжаттаманы оңтайландыру бойынша кеңестік қызметтерді жүзеге асыратын орган «Қазақстандық индустрияны дамыту институты» АҚ болып табылады. Институт функцияларына өнеркәсіптің дамуын үйлестіру және өнеркәсіп салалары дамуының негізгі үрдістерін болжау кіреді.

Алайда, өнеркәсіптік кешенді басқаруда жоспарлау мен болжауды ұйымдастыруды жетілдіру мақсатында келесідей іс-шараларды жүргізу қажет:

1) елдің әрбір өңірінде аймақтың өнеркәсіптік кешенін басқаруды жоспарлау және болжау қызметтерін ұсыну жөнінде тәуелсіз кеңестік орталықтар құру;

2) тәуелсіз кеңестік орталықтардың негізінде аймақтық өнеркәсіпті дамытудың стратегиялық бағдарламаларын іске асыру, тәуелсіз сараптамалық жоспарларды өткізу жөніндегі тәуелсіз сараптамалар жүргізетін мекемелер құру;

3) өңірлік болжамдарды, жоспарларды, бағдарламаларды әзірлеуге кәсіпорындардың мамандарын тарту;

4) өңірлерді ақпаратпен қамтамасыз ету мақсатында, негізгі құрал ретінде өнеркәсіп комитетінің жеке электрондық сайты енгізу қажет.

Сайттың функциясына кең ауқымды талдау



малық, болжамдық, нормативтік - құқықтық ақпарат, сондай-ақ мемлекеттік сатып алу туралы ақпарат кіреді.

Жалпы алғанда, өнеркәсіптік кешенді басқа-

рудағы жоспарлау мен болжауды мемлекеттік реттеу тек аналитикалық ғана емес, сонымен бірге оңтайландыруды да болжау мен жоспарлаудың жаңа озық жүйелерін уақтылы енгізуді қамтамасыз етеді.

### Әдебиеттер

1. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент, 1997,-497 с. ISBN 0 03 075482-8
2. Ансофф И. Стратегическое управление.-М. Экономика.-1989.- 520 с. ISBN 5-282-00652-9.
3. Томпсон А.А., Стрикленд А.Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки стратегии/ Перевод с английского под редакцией Л. Г. Зайцева, М.И. Соколовой.- М: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. - 576 с. ISBN 0-256-15027-3. ISBN 5-85173-059-5
4. Алимбаев, К.С. Айнабек, С.Н. Ахметов и др. Основы управления рыночной экономики - Караганда: Болашак-Баспа, 2002. - 340 с. - ISBN 9965-528-39-X
5. Зиядин С.Т. Некоторые проблемы развития малого предпринимательства Казахстана// Деньги и кредит.-2014.-№ 6. - С.72-74
6. Фелештин В.И. Современные подходы к определению понятия «конкурентоспособность предприятия» // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права.- 2015.- № 3.- С.401-409
7. Хаустов А.А. Отраслевые кластеры как формат интеграции регионов СКФО в мирохозяйственные связи.// Экономика и предпринимательство.-2016.- № 9.- С.198-201
8. Тарасенко В. В. Территориальные кластеры: семь инструментов управления. М., 2015.- 201 с. ISBN 978-5-9614-4705-7
9. Матковская Я.С. Кластеры: анализ происхождения, современные формы институционализации и математические модели // Финансовая аналитика: проблемы и решения// Финансовая аналитика: проблемы и решения.-2014.-№ 17.- С.2-12. [in Russ.]
10. Колесов Э.В. Методы управления промышленным комплексом региона// Вестник СГАУ имени М.Решетнева -2018.- № 1.- С.171-181 <https://cyberleninka.ru>

### References

1. Brigham Ju., Gapenski L. Finansovyy menedzhment, 1997,-497 s. ISBN 0 03 075482-8.[in Russ.]
2. Ansoff I. Strategicheskoe upravlenie.-M. Jekonomika.-1989.- 520 s. ISBN 5-282-00652-9.[in Russ.]
3. Thompson A.A., Strickland A.Dzh. Strategicheskij menedzhment. Iskusstvo razrabotki strategii/ Pervod s anglijskogo pod redakciej L. G. Zajceva, M.I. Sokolovoj.- M: Banki i birzhi, JuNITI, 1998. - 576 s. ISBN 0-256-15027-3 (angl.) ?ISBN 5-85173-059-5 (russk.) [in Russ.]
4. Alimbaev, K.S. Ajnabek, S.N. Ahmetov i dr. Osnovy upravlenija rynochnoj jekonomiki - Karaganda: Bolashak-Baspa, 2002. - 340 s. - ISBN 9965-528-39-X. [in Russ.]
5. Zijadin S.T. Nekotorye problemy razvitija malogo predprinimatel' stva Kazahstana// Den' gi i kredit.- 2014.-№ 6. - S.72-74. [in Russ.]
6. Feleshtin V.I. Sovremennye podhody k opredeleniju ponjatija «konkurentosposobnost' predprijatija» // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, jekonomiki i prava.- 2015.- № 3.- S.401-409. [in Russ.]

7. Haustov A.A. Otrasleyve klastery kak format integracii regionov SKFO v mirohozjajstvennye svjazi.// Jekonomika i predprinimatel' stvo.-2016.- № 9.- S.198-201. [in Russ.]
- 8.Tarassenko V. V. Territorial' nye klastery: sem' instrumentov upravlenija.M., 2015.- 201 s. ISBN 978-5-9614-4705-7. [in Russ.]
- 9.Matkovskaja Ja.S. Klastery: analiz proishozhdenija, sovremennye formy institusionalizacii i matematicheskie modeli // Finansovaja analitika: problemy i reshenija// Finansovaja analitika: problemy i reshenija.-2014.-№ 17.- S.2-12. [in Russ.]
10. Kolesov E.V. Metody upravleniya promyshlennym kompleksom regiona// Vestnik SGAU imeni M.Reshetneva -2018.- № 1.- S.171-181 <https://cyberleninka.ru>

*Авторлар туралы мәліметтер*

Ибраева А.К.- экономика ғылымдарының кандидаты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: zeretai@mail.ru;

Акишева Д.М.- PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: dana\_\_m@mail.ru;

Искакова М.С.-PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: mis0508@mail.ru.

*Information about the authors*

Ibraeva A.K. - candidate of economic sciences, Shakarim University of Semei, Semey, Kazakhstan, e-mail: zeretai@mail.ru;

Akisheva D. M. - PhD, Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan, e-mail: dana\_\_m@mail.ru;


Iskakova M.S. - PhD, Shakarim University of Semey, Kazakhstan, Semey, e-mail: mis0508@mail.ru.

## AGILE-ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СОБЫТИЯМИ НЕДЕЛИ: ВВЕДЕНИЕ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ АУСН

<sup>1</sup>А.Ф. Цеховой, <sup>2</sup>Н.А. Некрасова, <sup>1</sup>А.С. Жолтаева, <sup>1</sup>Ж.Ж. Султанбекова , <sup>1</sup>А.Ж. Турегельдинова

<sup>1</sup>Саптаев Университет, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup> ОЮЛ «Союз проектных менеджеров РК», Алматы, Казахстан

 Корреспондент-автор: z.sultanbekova@satbayev.university

В статье представлена модель Agile-управления событиями недели (АУСН), основанная на технологии «Практика Agile-управления портфелем развития организации» (ПАУПРО). Данная модель реализует продуктивный подход к управлению взаимодействием членов команды управления организации, интегрируя принципы Agile и методы проектного управления. Основное внимание уделяется формированию продуктивных моделей управления, основанных на принципах простоты и гибкости.

Ключевым аспектом АУСН является акцент на взаимодействии участников команды, согласно первой ценности Agile: «Люди и взаимодействие важнее процессов и инструментов», с уточнением о значении тех процессов, которые обеспечивают это взаимодействие. В рамках модели реализуется механизм оперативной самооценки эффективности управленческой деятельности, через еженедельные оценки активности, значимости и исполнительской дисциплины. Это способствует развитию саморефлексии, самообучения и улучшению планирования взаимодействий с заинтересованными сторонами.

Важно отметить, что система оценок в модели АУСН является инструментом для саморазвития и, повышения управленческих компетенций. Цель внедрения данной модели заключается в улучшении взаимодействия членов управленческой команды, что способствует достижению высоких стандартов качества и удовлетворенности клиентов, являясь важной частью стратегии развития организации.

**Ключевые слова:** Agile-управление, события недели, еженедельная ретроспектива, продуктивное взаимодействие, управление развитием, метрики оценки, активность планирования, дисциплина исполнения, качество исполнения.

## АПТА ОҚИҒАЛАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ AGILE ТӘСІЛІ: АОАБ МОДЕЛІН ЕНГІЗУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ

<sup>1</sup>А.Ф. Цеховой, <sup>2</sup>Н.А. Некрасова, <sup>1</sup>А.С. Жолтаева, <sup>1</sup>Ж.Ж. Султанбекова , <sup>1</sup>А.Ж. Турегельдинова

<sup>1</sup>Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>«ҚР Жоба Менеджерлері Одағы» ЗТБ, Алматы, Қазақстан,  
e-mail: z.sultanbekova@satbayev.university

Бұл мақалада «Апта оқиғаларын Agile-басқару моделі» (АОАБ) ұсынылған, ол «Ұйымның даму портфелін Agile басқару практикасы» (ҰДМАБТ) технологиясына негізделген. Бұл модель Agile принциптері мен жобалық басқару әдістерін интеграциялай отырып, ұйымды басқару командасының мүшелері арасындағы өзара әрекетті басқаруда өнімді тәсілді жүзеге асырады. Негізгі назар өнімді басқару модельдерін қалыптастыруға аударылған, олар қарапайымдылық пен икемділік принциптеріне негізделген.

АОАБ-дың негізгі аспектісі – бұл Agile-дің «Адамдар мен өзара әрекет процестер мен құралдардан маңызды» деген бірінші құндылығына сәйкес, сол өзара әрекетті қамтамасыз ететін процестердің маңызын нақтылай отырып, команда мүшелері арасындағы өзара әрекетке акцент қою болып табылады. Модель шеңберінде апталық белсенділік, маңыздылық және орындаушылық тәртіп бағалаулары арқылы басқарушылық қызметтің тиімділігін жедел өзін-өзі бағалау механизмі жүзеге асырылады.

Бұл өз-өзіне рефлексия, өзін-өзі оқыту және мүдделі тараптармен өзара әрекеттестіктерді жоспарлауды жақсартуға ықпал етеді.

АОАБ моделіндегі бағалау жүйесі өзін-өзі дамыту және басқарушылық құзыреттерді жоғарылату үшін құрал болып табылатынын атап өту маңызды. Бұл модельді енгізудің мақсаты басқару командасы мүшелерінің өзара әрекеттесуін жақсарту болып табылады, ол жоғары сапа стандарттарына және клиенттерді қанағаттандыруға қол жеткізуге ықпал етеді, бұл ұйымның даму стратегиясының маңызды бөлігі болып табылады.

**Түйін сөздер:** Agile-басқару, апта оқиғалары, апталық ретроспектива, өнімді өзара әрекеттесу, дамуды басқару, бағалау метрикалары, жоспарлау белсенділігі, орындау тәртібі, орындау сапасы.

## AGILE APPROACH TO WEEKLY EVENT MANAGEMENT: INTRODUCTION AND PRACTICE OF USING THE AMWE MODEL

<sup>1</sup>A.Ph. Tsekhovoy, <sup>2</sup>N.A. Nekrassova, <sup>1</sup>A.S. Zholtayeva, <sup>1</sup>Zh.Zh. Sultanbekova , <sup>1</sup>A.Zh. Turegeldinova

<sup>1</sup>Satpayev University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>1</sup>Union of Project Managers of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,  
e-mail: z.sultanbekova@satbayev.university

The article presents the Agile Management Model for Weekly Events (AMWE), based on the technology of "Agile Management Practices for Organizational Development Portfolio" (AMPOD). This model implements a productive approach to managing the interaction among members of the organization's management team, integrating Agile principles and project management methods. The primary focus is on forming productive management models based on the principles of simplicity and flexibility.

A key aspect of the AMWE is its emphasis on the interaction among team members, in accordance with the first value of Agile: "Individuals and interactions over processes and tools," while clarifying the importance of the processes that facilitate this interaction. Within the framework of the model, a mechanism for operational self-assessment of management effectiveness is implemented through weekly evaluations of activity, significance, and executive discipline. This promotes the development of self-reflection, self-learning, and improved planning of interactions with stakeholders.

It is important to note that the evaluation system in the AMWE model serves as a tool for self-development and enhancing managerial competencies. The goal of implementing this model is to improve the interaction among members of the management team, which contributes to achieving high standards of quality and customer satisfaction, representing an important part of the organization's development strategy.

**Keywords:** Agile-management, weekly events, weekly retrospective, productive interaction, development management, assessment metrics, planning activity, execution discipline, quality of execution

**Введение.** Современные организации, особенно малый и средний бизнес (МСБ), сталкиваются с постоянными изменениями во внешней среде, что требует от них гибкости, адаптивности и быстрой реакции на вызовы [1,2]. Традиционные методы управления проектами, ориентированные на детальное планирование и жесткое следование процессам, часто оказываются недостаточными для удовлетворения этих требований. В условиях динамичных изменений возникает необходимость внедрения гибких методов управления, позволяющих организациям оперативно

адаптироваться к изменяющимся условиям [3].

Одним из таких методов является Agile-управление, которое успешно применяется в разработке программного обеспечения, а в последние годы активно внедряется в различных секторах экономики. Принципы Agile-методологии позволяют улучшить взаимодействие между членами команды, повысить их вовлеченность и оперативно реагировать на изменения. Однако использование Agile-технологий в управлении событиями и задачами внутри организаций, особенно в контексте МСБ, требует дальнейшего

изучения и адаптации под конкретные реалии [4-6].

В рамках данного исследования предлагается модель **Agile-управления событиями недели (АУСН)**, которая разработана с учетом особенностей работы организаций малого и среднего бизнеса в Казахстане. Эта модель направлена на улучшение управляемости организации через эффективное планирование и реализацию еженедельных событий, что позволяет добиться большей производительности, гибкости и устойчивости в условиях постоянно меняющихся бизнес-реалий.

Целью данной работы является анализ и внедрение модели АУСН, основанной на принципах Agile, для повышения эффективности управления портфелем развития организаций МСБ. В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты использования модели АУСН, а также её влияние на производительность и управленческую деятельность руководителей.

Исследование проведено в рамках научного проекта, направленного на разработку продуктивных моделей управления портфелем развития организаций малого и среднего бизнеса Казахстана, что делает данную тему актуальной в контексте растущего спроса на гибкие управленческие решения.

**Материалы и методы.** В данном исследовании для разработки и анализа продуктивности модели АУСН применен широкий спектр научных методов, обеспечивающих глубокое понимание и интеграцию концепций Agile и современных подходов к управлению.

Для комплексного анализа и оценки эффективности модели АУСН использованы следующие методы:

- *Библиографический анализ:* оценка существующих исследований и публикаций, касающихся Agile-управления и состояния потока, а также их влияния на продуктивность и благополучие руководителей.
- *Обобщение, сравнение и синтез:* интеграция различных теоретических и практических подходов для формирования целостной модели управле-

ния.

- *Классификация и категоризация:* исследование факторов, влияющих на успешное внедрение модели АУСН, а также их воздействие на производительность и удовлетворенность руководителей.
- *Экспертная оценка:* сбор качественной информации от специалистов и руководителей, применяющих Agile-методы и концепции потока.
- *Методы наблюдения с активным участием:* сбор данных о реализации модели АУСН в реальных условиях, включая наблюдение за процессами и взаимодействиями в командах.

#### *Принципы и подходы*

При разработке эффективных моделей управления, включая модель АУСН, применяется один из ключевых принципов Agile — «простота — это искусство максимизации объема работы, которую не нужно выполнять». Этот принцип помогает сосредоточиться на важнейших аспектах управления и избегать ненужных сложностей [7].

В исследовании также учитываются идеи Джима Коллинза [8] и принципы Agile. Эффективное развитие организации достигается, когда лидер стремится к пятому уровню зрелости, формирует комплементарную команду, способную объективно оценивать ситуацию, и внедряет проектно-ориентированную систему управления. Кроме того, вносятся поправки к ценностям Agile: «Люди и взаимодействия важнее процессов и инструментов, если только они не способствуют этому взаимодействию».

Для оценки развития руководителей и эффективности модели АУСН выбраны метрики: «работа», «быт», «здоровье», «досуг» и «саморазвитие». Эти метрики позволяют всесторонне оценивать влияние модели на различные аспекты жизни руководителей [9].

#### *База исследования*

Основной базой для исследования служат Союз проектных менеджеров Республики Казахстан (СПМ РК), консалтинговая компания и предприятия малого и среднего бизнеса (МСБ) города Алматы. Эти организации предоставляют широкий спектр решений в области проектного, операционного и стратегического менеджмента,



основываясь на многолетнем опыте. Они служат примерами успешного применения управленческих методов и создания эффективной базы знаний, что позволяет оценить и адаптировать модель АУСН в реальных условиях.

Таким образом, использование разнообразных методов и подходов обеспечивает всесторонний анализ и разработку модели АУСН, направленной на улучшение управления и благополучия руководителей в условиях современных вызовов и изменений.

**Результаты и обсуждение.** Модель АУСН, основанная на технологии «Практика Agile-управления портфелем развития организации» (ПАУПРО), представляет собой продуктивный подход к управлению развитием организации, который интегрирует принципы Agile и методы проектного управления как комплексного и универсального инструмента.

Основой ПАУПРО является совмещение трёх фаз развития и пяти доменов исполнения, что позволяет эффективно управлять портфелем проектов, обеспечивая гибкость и адаптивность.

Диаграмма Исикавы (или диаграмма причинно-следственных связей) может быть мощным инструментом для анализа причин успешных или неуспешных результатов в рамках модели АУСН. В контексте формирования ключевых результативных индикаторов (КРИ) через еженедельные ретроспективы, мы можем использовать основные факторы для анализа причинно-следственных связей:

### 1. Процессы:

- Включают основные этапы, процессы и процедуры выполнения графика событий недели, такие как планирование, оценка задач, реализация и мониторинг.

- Примеры факторов: неполное понимание требований, нечеткое планирование времени, неэффективные внутренние и внешние коммуникации, непродуктивное выполнение задач.

### 2. Люди:

- Здесь рассматриваются участники процесса,

их роли, ответственности и навыки, которые могут существенно влиять на результативность.

- Примеры факторов: четко не обозначены роли и обязанности, конфликты между членами команды, недостаток необходимых навыков и компетенций.

### 3. Технологии и инструменты:

- Охватывает инструменты и технологии, используемые для управления процессами и коммуникациями в рамках АУСН.

- Примеры факторов: несовместимость инструментов, недостаточная автоматизация процессов, проблемы с доступом к необходимым ресурсам.

### 4. Правила и процедуры:

- Это включает правила, стандарты и процедуры, регулирующие выполнение задач и процессов.

- Примеры факторов: нечеткость в процессах управления изменениями, сложность в применении стандартов качества, несоответствие внутренних процедур текущим требованиям.

### 5. Метрики:

- Оцениваются ключевые метрики, используемые для измерения эффективности планирования, дисциплина исполнения и качество проведения событий недели.

- Примеры факторов: неадекватные метрики для измерения успеха, недостоверность данных метрик, отсутствие системы мониторинга и анализа.

### 6. Окружающая среда:

- Учитываются внешние факторы, такие как изменения в бизнес-среде, требования клиентов, конкурентные условия и законодательные нормы.

- Примеры факторов: изменения в требованиях клиентов, экономические изменения, изменения в законодательстве (см. рис. 1).

Данный подход позволил систематизировать и визуализировать ключевые факторы, влияющие на успех проекта, и помог команде Agile более эффективно анализировать и улучшать процессы и процедуры на основе полученных данных.



Рис. 1 - Диаграмма Исикавы

Продуктивная модель АУСН предполагает установление взаимодействия между членами команды в соответствии с первой ценностью Agile-управления: «Люди и взаимодействие важнее процессов и инструментов». Мы вводим уточнение: «кроме тех, которые обеспечивают это взаимодействие». Это дополнение отражает основную направленность нашей технологии.

В рамках разрабатываемой модели АУСН акцент сделан на создание механизма оперативной самооценки управленческой деятельности. Каждая неделя начинается со сводной оценки активности, исполнительской дисциплины и качества реализованных мероприятий за прошедшую неделю. После этого каждый участник команды, включая генерального директора (СЕО) и топ-менеджеров, проводит самооценку достигнутых результатов. Это способствует развитию саморефлексии, самообучения, более эффективному планированию и повышению качества взаимодействий с заинтересованными сторонами.

Основное отличие данной модели состоит в том, что она направлена на саморазвитие членов команды управления. АУСН представляет собой инструмент для личного развития и повышения профессиональных компетенций, что выражает принципиальную новизну подхода по отношению

к оценке эффективности управленческой деятельности.

Цель внедрения модели АУСН заключается в улучшении взаимодействия членов команды управления, ориентированной на достижение высоких стандартов качества и удовлетворение растущих запросов клиентов. Это является неотъемлемой частью стратегии развития организации.

Переход к Agile-методологии требует использования новых показателей и метрик для оценки эффективности команды и достижения целей организации. Важно выявить такие метрики, которые будут значимы как для команды, так и для руководства, и которые будут ориентированы на получение ценности организации [10]. В рамках разработки модели АУСН авторы стремились измерить такие аспекты, как инициативность, эффективность планирования, качество работы сотрудников, и связать эти измерения с системой мотивации.

Цель - создать методологию, позволяющую объективно оценивать и улучшать взаимодействие и производительность в организации, ориентированной на знания.

Компонентами модели АУСН являются:

- Календарь года;

- График событий недели (ГСН);
- Расписание событий дня (РСД);
- Система оценки;
- Система мотивации.

Основой модели является формирование календаря года организации, что позволяет планировать работу и координировать усилия всех участников проектов, программ и мероприятий.

Этот календарь встраивается в управленческие процессы компании и служит основой для планирования результатов (продуктов) и решения приоритетных задач. Такой подход обеспечивает структурированность работы и помогает достигать поставленных целей в срок.

Обязательным компонентом модели являются график событий недели (ГСН) (см. рис.2).

**График событий (заседаний, совещаний, мероприятий и рабочих встреч) недели АГ-2**  
С . . по . . 20 г. ( -я неделя)

Дни недели	Часы			
	8:30 – 10:15	10:30 – 12:15	12:30 – 14:45	15:00 – 16:15
<b>Понедельник</b> ____ Г.	Время проведения события	<p style="text-align: center;"><b>11:30 Ω</b></p> <p>Оперативка руководителя. А.Цеховой, Н.Некрасова, Р.Кузгов, А.Есетжан, Г.Дакисева, А.Стебликова, А.Акзамбекқызы, А.Габдиева, Д.Умарова.</p> <p style="color: green;">Состоялось/5/вт/А</p>	Обозначение структурных подразделений	
	Название события		Участники события	
	Ответ. лицо за проведение события		РАПИ-код	
<b>Вторник</b> ____ Г.			Тип события	
<b>Среда</b> ____ Г.		Дисциплина исполнения		Балл оценки качества проведения события
<b>Четверг</b> ____ Г.				

**Рис.- 2 Шаблон Графика событий недели (ГСН)**

График событий недели (ГСН) формируется командой управления развитием организации исходя из документов: «Календарь года», «Вопросы развития организации», «Перечень не состоявшихся и перенесенных событий» и «Вопросы развития структурных подразделений». График содержит следующие данные:

- обозначения структурных подразделений латинскими буквами (литера);
- наименования событий;
- место проведения;
- время проведения;
- ФИО ответственного лица за организацию и проведение мероприятия;
- ФИО участников;
- отметка об исполнении;
- балл оценки качества исполнения;

- тип события;
- РАПИ-код.

Офис-менеджер мониторит график событий в течение недели и при необходимости оказывает организационно-техническую поддержку участникам. Исходя из оценки руководства и ответственного лица, офис-менеджер по каждому проведенному событию присваивает баллы дисциплины и качества исполнения.

На основе графика событий недели каждый день формируется «Расписание событий дня» (РСД). РСД позволяет обеспечить актуализацию планов и координацию действий всех участников на ежедневной основе.

Таким образом, модель АУСН интегрирует стратегическое и оперативное планирование, контроль, оценку и мотивацию в единый управ-

ленческий процесс, направленный на повышение эффективности взаимодействия и производительности в организации, ориентированной на знания.

Особенности этого управленческого процесса заключается в следующем:

- а) проводится первым руководителем;
- б) в оперативном совещании участвуют руководители структурных подразделений (которые, как правило, и входят в состав команды управления развитием организации);
- в) день проведения – понедельник - первый рабочий день недели;
- г) время проведения – 11 часов дня (дается возможность участникам подготовиться к началу совещания);
- д) совещание проводится с визуализацией отчета по ГСН за предыдущую неделю и ГСН на предстоящую неделю на экране в офлайн формате или на компьютере при онлайн подключении с использованием Zoom или других приложений.

Ключевые этапы процесса еженедельной ретроспективы включают:

- Мониторинг ГСН в течение недели;
- Оценка и анализ событий в ГСН за предыдущую неделю;
- Формирование и актуализацию ГСН на текущую неделю;
- Обсуждение результатов событий, их влияния на реализацию приоритетов и стратегии развития организации, потенциальные возможности (по РАПИ коду), ,
- Актуализацию календаря года, планирование событий на предстоящую неделю.

Ключевыми участниками данного процесса являются: топ-менеджеры, руководители структурных подразделений и офис-менеджер. Эти оперативные совещания направлены на эффективное использование коллективных ресурсов.

Офис-менеджер совместно с менеджером по управлению знаниями готовит анализ для оценки исполнения намеченных и фактически выполненных событий, мероприятий, встреч, внутренних процессов. Выходом данного анализа

является оценка полноты и качества исполнения запланированных событий прошедшей недели и формирование плана действий на предстоящую неделю. Одновременно оценивается активность взаимодействия и сравнительный прирост интеллектуальной активности через анализ Генерального реестра информационных объектов (ГРИО).

Одной из ключевых задач еженедельной Agile-оперативки, проводимой первым руководителем по модели АУСН, является мониторинг влияния текущих событий на статус зарегистрированных возможностей и выявление предпосылок для регистрации новых возможностей. В настоящее время авторы сосредоточены на оптимизации процесса регистрации активности топ-менеджеров, касающейся инициации событий, включаемых в НСГ, и оценки дисциплины и качества исполнения.

После завершения настройки этих параметров, планируется интеграция процедуры рассмотрения вопросов, внесенных в матрицу регистрации возможностей, в еженедельные оперативные совещания. Для топ-менеджеров и руководителей структур полезно при подготовке к оперативному совещанию рассматривать статус возможностей на предмет планирования встреч и мероприятий для их реализации.

Каждый субъект управления обозначает выходы прошедшей недели, и планируемых выходов на предстоящую неделю.

Данный подход поможет проанализировать то, как командные взаимодействия, подверженные влиянию внешних факторов, соотносятся с внутренними факторами организации и активами ее внутренних процессов.

Итоговое резюме руководителя на оперативном совещании представляет собой ключевой компонент процесса управления, направленного на систематизацию и оценку результатов работы, выявление перспектив для развития и разрешение проблемных аспектов внутри организации. В резюме должны быть «снивелированы» дискуссионные моменты, которые могут возникать по ходу обсуждения и изложены «точки приложения усилий» членов команды управления на пред-



стоящий период. Резюме служит инструментом для обобщения итогов оперативного совещания, определения направлений для дальнейшего улучшения и обеспечения согласованности действий членов команды управления. Резюме состоит из следующих разделов:

### 1. Выходы рабочей недели (outputs)

«Выходы рабочей недели» (outputs) обозначают конкретные результаты и достижения, полученные в рамках запланированных мероприятий за отчетный период. Эти результаты могут включать завершенные задачи, подготовленные отчеты, проведенные мероприятия и достигнутые цели. Оценка выходов позволяет определить продуктивность работы и соответствие деятельности намеченным планам.

### 2. Точки роста

«Точки роста» обозначают новые возможности и области для улучшения, выявленные в ходе работы за неделю. Они касаются как внутренних процессов, так и внешних факторов, таких как изменения на рынке или новые потребности клиентов. Анализ точек роста позволяет выявить перспективные направления для развития и оптимизации.

### 3. Точки дискомфорта

«Точки дискомфорта» обозначают аспекты работы, которые вызывают неудовлетворенность или проблемы у сотрудников. Эти точки могут быть связаны как с внутренними процессами, так и с внешними факторами. Определение и анализ точек дискомфорта позволяют быстро реагировать на возникающие проблемы и предотвращать их эскалацию. Анализ точек дискомфорта позволяет улучшить рабочие условия, повысить мотивацию сотрудников и создать более эффективную рабочую среду.

Систематизация данных в заключительном резюме помогает обеспечить ясность в управлении, согласованность действий и стратегическую направленность на достижение поставленных целей.

Таким образом, процесс еженедельной ретроспективы событий недели АГ-2 в процессе

Agile-управления событиями недели обеспечивает систематический подход к оценке и улучшению взаимодействий внутри организации. Это способствует более целенаправленной и эффективной работе, улучшению управления временем и ресурсами, а также повышению конкурентоспособности организации.

Информационно-техническая поддержка проведения оперативного совещания базируется на разработанном шаблоне документа «Информация о выполнении ГСН» (см. рис. 3), который визуализирует оценку активности, дисциплины и качества исполнения и ценности полученных выходов (out-put) для развития организации.

Для заполнения документа «Информация о выполнении ГСН» офис-менеджер в течение недели заполняет форму первичного отчета в excel (см. табл. 1).

После заполнения формы первичного отчета автоматически в сводной таблице (в excel) формируются данные согласно разделам Информации о выполнении ГСН.

Первый раздел содержит общую информацию по ГСН. Определяется количество запланированных событий в ГСН, из них количество состоявшихся, не состоявшихся, перенесенных, в том числе, перенесенных больше двух раз и «потерянных».

Процессом «Еженедельная ретроспектива графика событий недели» измеряется:

- а) активность членов команды управления, включая СЕО (в баллах, исходя из количества инициированных ими событий в НСГ), рис.3;
- б) дисциплину исполнения запланированных событий (в баллах), рис. 3;
- в) качество исполнения (с учётом системы оценки «выходов» (outputs), в баллах.

Эффективность этого процесса будет зависеть от факторов, неисследованных на текущий момент, среди которых – корректность метрик, используемых для анализа выходов (outputs) недели и алгоритма формирования фокуса действий на предстоящий период (как правило – неделя).



**ИНФОРМАЦИЯ**  
**О выполнении графика событий 38-недели**

**I. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ГСН**

1.1 Всего запланированных событий в ГСН – 26, из них:

- состоялось – 26,
- не состоялось – 0
- перенесенных – 0 в том числе, перенесенных больше двух раз – 0,
- потерянных – 0

**II. АКТИВНОСТЬ (в инициации планируемых взаимодействий)**

2.1 Общая активность по АГ-2:

2.1.1 «Взросла»



2.2 Активность по структурам

2.2.1 «Взросла» по структурам: АГ-2; Дир; ЦК; НИС АГ-2; Фил.каф.

2.2.2 «Находится в рамках сложившегося тренда»: Руков.; ЦСС.

2.2.3 «Снизилась» по структурам: ДКП, МАИИ (общ); ELAN.

**III. ДИСЦИПЛИНА ИСПОЛНЕНИЯ**

3.1 Общая дисциплина исполнения по АГ-2:

3.1.1 «Улучшилась»



3.2 Дисциплина исполнения по структурам:

3.2.1 «Улучшилась» по структурам: АГ-2; Дир; ЦК; МАИИ (общ); ELAN; Фил.каф.

3.2.2 «На штатном уровне» по структурам: ДКП; НИС АГ-2; Рук; ЦСС.

**IV. КАТЕГОРИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Структура	37-неделя	38-неделя	(+/-)
Внешние (общие)	9	12	3
Р-ресурсные	0	1	1
А-административно-деловые	0	0	0
П-предпринимательские	1	2	1
И-интеграционные	8	9	1
Внутренние (общие)	12	14	2
Р-ресурсные	6	3	-3
А-административно-деловые	5	8	3
П-предпринимательские	1	3	2
И-интеграционные	0	0	0

Рис.- 3 Пример документа «Информация о выполнении ГСН»

Таблица 1 Форма первичного отчета о выполнении ГСН в excel

_n-НЕДЕЛЯ	Количество событий						Внутренние				Внешние			
	Запланированные	Состоявшиеся	Не состоявшиеся	Перенесенные	Перенесенные более 2-х раз	Потерянные	Р	А	П	И	Р	А	П	И
АГ-2 (Ω)														
Руководитель (Р)														
Дирекция СПМ РК (N)														
ДКП (Δ)														
Центр Консалт (К)														
Центр сертиф. (ε)														
МАИН (общая) (μ)														
МАИН (устав.) (μ1)														
МАИН (контр.) (μ2)														
НИС АГ-2 (π)														
ELAN (Σ)														
Филиал МиМЭ (φ)														
Итого по структурам														

Модель АУСН реальной жизнедеятельности способствует формированию Agile-мышления, прежде всего у субъекта управления высшего уровня, каким является CEO, а затем и у членов команды управления развитием и далее – будет поддерживать динамику создания конкурентоспособного корпоративного знания (как правило, в формализованном виде) [11].

Интенсивное и качественное взаимодействие субъектов управления способствует приросту корпоративных знаний. Чем больше коммуницируют члены команды управления, тем продуктивнее компания [12].

**Выводы.** Продуктивная модель Agile-управления событиями недели (АУСН), основанная на технологии ПАУПРО, представляет собой инновационный подход к управлению развитием организации. Ориентированная на гибкость, адаптивность и эффективность, данная модель позволяет интегрировать Agile-принципы с системой управления знаниями, что создаёт

уникальную основу для успешного роста и развития в условиях быстро меняющегося бизнес-окружения.

АУСН позволяет организациям оперативно адаптироваться к рыночным изменениям, эффективно реагировать на новые вызовы и возможности, а также рационально использовать ресурсы. Систематический анализ и оценка событий и мероприятий недели помогают команде управления принимать обоснованные решения, способствующие достижению стратегических целей.

Применение модели АУСН способствует формированию предпринимательской среды «Новой волны», где ключевыми факторами являются гибкость, инновации и непрерывное обучение. Этот подход поддерживает развитие малого бизнеса в Казахстане, предоставляя компаниям возможность успешно конкурировать на рынке и расширять свои возможности.

Таким образом, модель АУСН является важ-

ным инструментом для организаций, стремящихся к устойчивому развитию и конкурентным преимуществам в современном бизнесе. Ее использование содействует созданию гибкой и адаптивной корпоративной культуры, где инновации и знания играют центральную роль в достижении успеха.

**Финансирование.** *Статья выполнена в рамках проекта НИР АР14871548 «Разработка продуктивных моделей управления портфелем развития организаций малого и среднего бизнеса для условий Казахстана на основе идей и принципов Agile-технологий».*

### Литература

1. Сазерленд Дж. Scrum. Революционный метод управления проектами / Джефф Сазерленд; пер. с англ. Марии Гескиной. - Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2016.- 272 с. ISBN 9785001465096
2. Адизес, И. Управление жизненным циклом корпораций / Ицхак Калдерон Адизес; пер. с англ. В. Кузина. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014.- 512 с. ISBN 978-5-00057-151-4
3. Daraojimba E.Ch., Nwasike Chi.N., Adegbite A.O., Ezeigweneme Ch.A., Gidiagba J.O. Comprehensive review of Agile methodologies in project management // Computer Science & IT Research Journal. - 2024.- Vol.5(1).- P.190-218. DOI 10.51594/csitjr.v5i1.717
4. Борисов Н.С. Применение методов Agile в управлении проектами // Индустриальная экономика.- 2021 -Vol.1.- P. 74-77. DOI 10.47576/2712-7559\_2021\_1\_74
5. Sudhakar Babu S. Trends in IT Project Management: Agile Methodologies and Their Impact on Project Success // Journal of Recent Trends in Computer Science and Engineering (JRTCSE). -2024.-Vol. 12(2). - P. 73-81. <https://jrtcse.com>
6. Naibo L. Application and Practice of Agile Methods in Project Management // Journal of Applied Economics and Policy Studies. – 2024. Vol. 7(1).- P. 71-74 DOI 10.54254/2977-5701/7/2024076
7. Agile: Практическое руководство / [пер. с англ.] — М.: Издательство «Олимп–Бизнес». – 2019.-182 с. ISBN 978-5-9693-0403-1 (рус.) ISBN 978-1-62825-418-1 (англ.)
8. Коллинз Д. От хорошего к великому / Д. Коллинз – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 378 с. пер. с англ.
9. Цеховой А.Ф., Степанов А.В., Некрасова Н.А., Жолтаева А.С. Профессиональные управленческие знания как фактор ускоренного развития Казахстана // Вестник университета «Туран».-2023.- Vol.3.- С. 75-89. DOI10.46914/1562-2959-2023-1-3-75-89
10. Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / Дуглас У. Хаббард; пер. с англ. Е. Пестеревой. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2009. – 320 с.
11. Migdadi M.M. Knowledge management processes: innovation capability and organizational performance // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2022. – Vol. 71(1)- P.182-210. DOI 10.1108/ijppm-04-2020-0154
12. Цеховой А.Ф., Ли А., Азиева З. О роли организаций, ориентированных на знания, в придании импульса развитию МСБ в Казахстане // Материалы Международной научно-практической конференции КСТУ имени академика З.Алдамжара. – 2020. – 224 с.

### References

1. Sazerlend Dzh. Scrum. Revoljucionnyj metod upravlenija proektami/ Dzhheff Sazerlend; per. s angl. Marii Geskinnoj. - Moskva: Mann, Ivanov i Ferber, 2016.- 272 s. ISBN 9785001465096. [in Russian]

2. Adizes, I. Upravlenie zhiznennym ciklom korporacij / Ichak Kalderon Adizes; per. s angl. V. Kuzina. – M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2014. – 512 s. ISBN 978-5-00057-151-4. [in Russian]
3. Daraojimba E.Ch., Nwasike Chi.N., Adegbite A.O., Ezeigweneme Ch.A., Gidiagba J.O. Comprehensive review of Agile methodologies in project management // Computer Science & IT Research Journal. – 2024. – Vol.5(1). – P.190-218. DOI 10.51594/csitrj.v5i1.717
4. Borisov N.S. Primenenie metodov Agile v upravlenii proektami // Industrial' naja jekonomika. – 2021 – Vol.1. – P. 74-77. DOI 10.47576/2712-7559\_2021\_1\_74. [in Russian]
5. Sudhakar Babu S. Trends in IT Project Management: Agile Methodologies and Their Impact on Project Success // Journal of Recent Trends in Computer Science and Engineering (JRTCSE). – 2024. – Vol. 12(2). – P. 73-81. <https://jrtcse.com>. [in Russian]
6. Haibo L. Application and Practice of Agile Methods in Project Management // Journal of Applied Economics and Policy Studies. – 2024. Vol. 7(1). – P. 71-74. DOI 10.54254/2977-5701/7/2024076. [in Russian]
8. Kollinz D. Ot horoshego k velikomu / D. Kollinz - M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2017. – 378 s. [in Russian]
9. Cehovoj A.F., Stepanov A.V., Nekrasova N.A., Zholtayeva A.S. Professional' nye upravlencheskie znaniya kak faktor uskorenno go razvitiya Kazahstana // Vestnik universiteta «Turan». – 2023. – Vol.3. – S. 75-89. DOI 10.46914/1562-2959-2023-1-3-75-89. [in Russian]
10. Habbard D. Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial' nogo v biznese / Duglas U. Habbard; per. s angl. E. Pesterevoj. – M.: ZAO «Olimp-Biznes», 2009. – 320 s. [in Russian]
11. Migdadi M.M. Knowledge management processes: innovation capability and organizational performance // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2022. – Vol. 71(1) – P.182-210. DOI 10.1108/ijppm-04-2020-0154
12. Cehovoj A.F., Li A., Azieva Z. O roli organizacij, orientirovannyh na znaniya, v pridanii impul' sa razvitiyu MSB v Kazahstane // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii KSTU imeni akademika Z.Aldamzhara. – 2020. – S 224. [in Russian]

*Сведения об авторах*

Цеховой А.Ф. - д.т.н., профессор, Сатпаев Университет, Алматы, Казахстан, e-mail: tsaf@list.ru;

Некрасова Н.А. - Союз проектных менеджеров Республики Казахстан, Алматы, Казахстан, e-mail: info@spmrk.kz;

Жолтаева А.С. - PhD, Сатпаев Университет, Алматы, Казахстан, e-mail: a\_zholtayeva@mail.ru;

Султанбекова Ж.Ж. - к.т.н., ассоциированный профессор, Сатпаев Университет, Алматы, Казахстан, e-mail: z.sultanbekova@satbayev.university;

Турегельдинова А.Ж. - PhD, ассоциированный профессор, Сатпаев Университет, Алматы, Казахстан, e-mail: a.turegeldinova@satbayev.university.

*Information about the authors*

Tsekhovoy A.Ph. - d.t.s., professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tsaf@list.ru;

Nekrassova N.A. - Union of Project Managers of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, e-mail: info@spmrk.kz;

Zholtayeva A.S. - PhD, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a\_zholtayeva@mail.ru;

Sultanbekova Zh.Zh. - candidate of technical sciences, associate professor, Satbayev University, , Almaty, Kazakhstan, e-mail: z.sultanbekova@satbayev.university;

Turegeldinova A.Zh. - PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.turegeldinova@satbayev.university.

## ҚАЗАҚСТАН ЖАСТАРЫНЫҢ КӘСІПКЕРЛІК ОЙЛАУ ҚАБІЛЕТІН ДАМУЫҒА БЫҚПАЛ ЕТЕТІН ЖӘНЕ КЕДЕРГІ КЕЛТІРЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ

<sup>1</sup>М.Д. Сайымова<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Ғ.А. Мауина, <sup>3</sup>А.С. Байдалинова, <sup>4</sup>Г.М. Сағындықова

<sup>1</sup>Ақтөбе өңірлік университеті, Қ. Жұбанова, Ақтөбе, Қазақстан,

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,

<sup>3</sup>Esil University, Астана, Қазақстан,

<sup>4</sup>Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті», Астана, Қазақстан

✉ Корреспондент-автор: msaiymova@zhubanov.edu.kz

Кәсіпкерлік кез келген елдің экономикалық дамуының маңызды аспектісі болып табылады, әсіресе жұмыссыздық пен кедейлік сияқты күрделі мәселелер әлі де сақталып отырған дамушы мемлекеттер үшін [1]. Жоғары жұмыссыздық деңгейі, білім деңгейінің төмендігі және сыбайлас жемқорлықтың кең таралуы жағдайында жастардың кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастыру өте маңызды [1]. Оларға креативтілік, тәуекелдерді басқару және проблемаларды шешу дағдылары сияқты негізгі құзыреттерді бере отырып, кәсіпкерлік ойлау барлық мамандықтағы білім алушылардың еңбек нарығындағы құндылығын айтарлықтай арттырады [2]. [Кәсіпкерлік ойлауды дамыту бағдарламаларының танымалдығы артып келе жатқанына қарамастан, олардың жастардың жұмыспен қамтылуы мен мансабына ұзақ мерзімді әсерін зерттеу шектеулі болып қалуда [3]. Бұл мақала осы олқылықтың орнын толтырып, Қазақстан Республикасындағы жастардың кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастыруға әсер ететін факторлар мен қазіргі жағдайды талдауды мақсат етеді.

Ғылыми мақалада кәсіпкерлік тұжырымдамасы бойынша қазіргі әдебиеттердің жағдайы қорытындыланып, зерттеушілерге оның шығу тегі, тамыры мен эволюциясын жақсы түсінуге мүмкіндік берді. Автор жастарды балалық шақтан бастап кәсіпкер болуға шақырады. Өз күш-жігерінің нәтижесінде олар кәсіпкерлік тәжірибені, дағдылар мен қабілеттерді, сондай-ақ кәсіпкерлік қиындықтарды шешу қабілетін дамытады. Мақалада жастардың кәсіпкерлік ойлау қабілетін дамыту алғышарттары талданады. Зерттеу әдістері: Мақалада зерттеудің гипотезасы анықталғаннан бастап қолданылған сауалнама және оған құрастырылған сұрақтар, оларды талдау барысында статистикалық есетпеу тәсілдері авторлармен жүйелі қолданылды.

Кәсіпкерлік ойлаудың негізгі аспектілері бөлініп көрсетіледі. Кәсіпкердің сыртқы және ішкі ортасының факторлары зерттеліп, олардың ойлау тәсіліне және кәсіпкердің іс-әрекет ету тәсіліне әсері негізделеді. Кәсіпкерлік ойлаудың дамуына қарай кәсіпкерліктің эволюциясының негіздемелері мен бағыттары қалыптастырылады.

Кәсіпкерлікті жастар арасында насихаттаудағы осал тұстар анықталады.

**Түйін сөздер:** кәсіпкерлік ойлау, жастар, кәсіпкерлік ойлаудың эволюциясы, кәсіпкерлік, тұлғалық өсу, өзін-өзі жұмыспен қамту, шағын және орта бизнес.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ И ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ РАЗВИТИЮ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО МЫШЛЕНИЯ У МОЛОДЕЖИ КАЗАХСТАНА

<sup>1</sup>М.Д. Сайымова<sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Ғ.А. Мауина, <sup>3</sup>А.С. Байдалинова, <sup>4</sup>Г.М. Сағиндықова

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Ақтөбе, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Esil University, Астана, Казахстан,

<sup>4</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан,  
e-mail: msaiymova@zhubanov.edu.kz

Предпринимательство является важным аспектом экономического развития любой страны, особенно для развивающихся государств, где безработица и бедность остаются серьезными проблемами [1]. В условиях высокого уровня безработицы, низкого уровня образования и распространенной коррупции крайне важно формирование предпринимательского мышления у молодежи [1].



Предоставляя им ключевые компетенции, такие как креативность, управление рисками и навыки решения проблем, предпринимательское мышление значительно повышает ценность студентов всех специальностей на рынке труда [2]. Несмотря на растущую популярность программ по развитию предпринимательского мышления, исследования их долгосрочного влияния на трудовую занятость и карьеру молодежи остаются ограниченными [3]. Эта статья призвана восполнить этот пробел, проанализировав текущее состояние и факторы, влияющие на формирование предпринимательского мышления у молодежи в Республике Казахстан.

В научной статье обобщено текущее состояние литературы по концепции предпринимательства, что позволило исследователям лучше понять его происхождение, корни и эволюцию. Автор призывает молодежь становиться предпринимателями с детства. В результате своих усилий они развивают предпринимательский опыт, навыки и способности, а также способность решать предпринимательские трудности. В статье анализируются предпосылки для развития предпринимательского мышления у молодежи.

В статье с момента формулировки гипотезы использовались анкетирование и вопросы, разработанные для него, а также статистические методы анализа, которые систематически применялись авторами.

Выделяются основные аспекты предпринимательского мышления. Исследуются факторы внешней и внутренней среды предпринимателя, обосновывается их влияние на образ мыслей и способ ведения деятельности предпринимателя. По мере развития предпринимательского мышления формируются обоснования и направления эволюции предпринимательства.

В заключении выявляются слабые стороны в пропаганде предпринимательства среди молодежи.

**Ключевые слова:** предпринимательское мышление, молодежь, эволюция предпринимательского мышления, предпринимательство, личностный рост, самозанятость, малый и средний бизнес.

#### ANALYSIS OF FACTORS FACILITATING AND HINDERING THE DEVELOPMENT OF ENTREPRENEURIAL THINKING AMONG THE YOUTH OF KAZAKHSTAN

<sup>1</sup>M.D. Saiymova, <sup>2</sup>G.A. Mauina, <sup>3</sup>A.S. Baidalinova, <sup>4</sup>G.M. Sagindykova

<sup>1</sup> Aktobe Regional University named after K. Zhubanov Aktobe, Kazakhstan,

<sup>2</sup> S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup> Esil University, Astana, Kazakhstan,

<sup>4</sup> K.Kulazhanov kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: msaiymova@zhubanov.edu.kz

Entrepreneurship is a vital aspect of the economic development of any country, especially for developing nations where unemployment and poverty remain serious issues [1]. In the context of high unemployment rates, low education levels, and widespread corruption, fostering entrepreneurial thinking among the youth is crucial [1]. By providing key competencies such as creativity, risk management, and problem-solving skills, entrepreneurial thinking significantly increases the value of students from all disciplines in the labor market [2]. Despite the growing popularity of programs aimed at developing entrepreneurial thinking, studies on their long-term impact on youth employment and career trajectories remain limited [3]. This article seeks to fill this gap by analyzing the current state and factors influencing the formation of entrepreneurial thinking among the youth in the Republic of Kazakhstan.

The scientific article summarizes the current state of literature on the concept of entrepreneurship, allowing researchers to better understand its origins, roots, and evolution. The author encourages the youth to become entrepreneurs from an early age. Through their efforts, they develop entrepreneurial experience, skills, abilities, and the capacity to address entrepreneurial challenges. The article analyzes the prerequisites for developing entrepreneurial thinking among the youth.

From the formulation of the hypothesis, the article employed surveys and questions developed for them, as well as statistical analysis methods systematically applied by the authors.

The main aspects of entrepreneurial thinking are highlighted. The factors of the external and internal environment of the entrepreneur are studied, and their influence on the entrepreneur's way of thinking and approach to business activities is substantiated. As entrepreneurial thinking evolves, justifications and directions for the evolution of entrepreneurship are formulated.

In conclusion, the weak points in promoting entrepreneurship among the youth are identified.

**Keywords:** entrepreneurial thinking, youth, evolution of entrepreneurial thinking, entrepreneurship, personal growth, self-employment, small and medium-sized businesses.

**Кіріспе.** Қазіргі таңда, инновациялар мен технологиялық өзгерістермен толтырылған тез өзгеріп жатқан әлемде кәсіпкерлік экономикалық және әлеуметтік прогрестің қозғаушы күші болып табылады. Жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды дамыту тек жеке өсу аспектісі ғана емес, сонымен бірге қоғамның тұрақты дамуының негізгі элементі болып табылады. Кәсіпкерлік кез келген елдің экономикалық дамуының маңызды факторларының бірі болып табылады [1-4]. Ол тек жұмыс орындарын құрып, халықтың табысын қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар инновацияларды ынталандырады, бұл өз кезегінде қоғамның әл-ауқатын арттыруға ықпал етеді [1-4].

Креативтілікпен, тәуекелге дайындықпен және инновацияларға қабілеттілікпен сипатталатын кәсіпкерлік ойлау жас мамандардың еңбек нарығындағы бәсекеге қабілеттілігін айтарлықтай арттыра алады, сондай-ақ жаңа жұмыс орындарын құруға және елдің экономикалық негізін нығайтуға ықпал етеді. Қазақстан Республикасында жастардың кәсіпкерлік әлеуетін дамыту ерекше маңызға ие, өйткені мұнда жастар арасындағы жұмыссыздық деңгейі дәстүрлі түрде жоғары, ал мамандық бойынша жұмысқа орналасу мүмкіндіктері шектеулі [1,4]. Жастардың кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастыру жұмыссыздық мәселелерін шешіп қана қоймай, өсіп келе жатқан ұрпақтың шығармашылық және инновациялық әлеуетін жүзеге асыруға ықпал етуі мүмкін.

Жоғары оқу орындарында кәсіпкерлікті оқыту осы процесте маңызды рөл атқарады. Ол тек білім мен дағдыларды беріп қана қоймай, сонымен бірге студенттердің сыни ойлау және өз бетінше

шешім қабылдау қабілеттерін қалыптастырады. Осы контексте әлемдегі университеттер кәсіпкерлік құзыреттіліктерді дамытуға бағытталған түрлі бағдарламалар мен курстарды, жеке модульдерден бастап толық бакалавриат және магистратура бағдарламаларына дейін енгізуде.

Дүниежүзілік экономикалық форумның (WEF) 2008 жылы басталған жаһандық білім беру бастамасы кәсіпкерлерді жаппай дайындаудың тұрақты әлеуметтік даму мен экономикалық қалпына келтірудің негізгі элементі ретінде маңыздылығын атап өтеді [WEF, 2009]. Қазақстанда бұл мәселе экономика диверсификациясын және инновациялық қызметті ынталандыру қажеттілігін ескере отырып, барған сайын өзекті бола түсуде.

Жас кәсіпкерлер құратын шағын және орта бизнес ел экономикасында маңызды рөл атқарады, жұмыс орындарын құруға және жалпы әл-ауқатты арттыруға ықпал етеді. Алайда, бұған қол жеткізу үшін жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды мақсатты түрде қалыптастыру қажет, бастапқы кезеңдерден бастап және оқу процесі бойы жалғасады.

Бұл мақалада Қазақстан жастарының кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастырудың алғышарттары мен шарттары талданады, кәсіпкерлік қабілеттерді дамытуға әсер ететін ішкі және сыртқы факторлар зерттеледі және кәсіпкерлік ойлаудың эволюциясының бағыттары негізделеді. Зерттеудің мақсаты – білім беру бағдарламаларына кәсіпкерлік пен кәсіпкерлік ойлауды интеграциялаудың әдістемелік негіздерін құру, бұл жаңа буын кәсіпкерлерін тәрбиелеуге мүмкіндік береді, олар заманауи әлемнің сын-қатерлеріне

тиімді бейімделе алады және шағын және орта бизнестің, сондай-ақ жалпы ұлттық экономиканың дамуына елеулі үлес қосады.

**1. Гипотеза 1:** Техникалық мамандық студенттері гуманитарлық мамандық студенттеріне қарағанда кәсіпкерлік қызметке жоғары дайындық көрсетеді.

**2. Гипотеза 2:** Жыныс, жас және оқу ақысының төлем нысаны студенттердің тәуекелдерді қабылдауына және олардың кәсіпкерлік қызметке дайындығына айтарлықтай әсер етеді.

**3. Гипотеза 3:** Білім беру бағдарламаларына жобалық қызмет пен практикалық бағытталған курстарды енгізу студенттердің кәсіпкерлік құзыреттерін белсенді дамытуға ықпал етеді. Студенттердің кәсіпкерлік жобаларын жүзеге асыру үшін инвесторларды іздеу процесін жандандыру қажет.

Зерттеу нәтижелері студенттердің жасы, жынысы, оқу ақысының төлем нысаны және мамандану бойынша деректердің талдауын қамтиды. Сауалнама сұрақтарына жауаптардың семантикалық талдауы кәсіпкерлік ойлауға байланысты жиі қолданылатын сөздер мен сөз тіркестерін анықтауға мүмкіндік берді. Логистикалық регрессия көмегімен студенттердің кәсіпкерлік ойлауына әсер ететін әртүрлі факторлардың маңыздылығы бағаланды. Деректердің дәлдігін қамтамасыз ету үшін жоспарлар мен тапсырмалардың уақтылы орындалуын бақылау қажет.

Маңызды регрессия коэффициенттерін интерпретациялау демографиялық факторлардың және білім беру ортасының студенттердің кәсіпкерлік ойлауына әсері туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелерін гипотезалармен салыстыру бұл факторларды білім беру бағдарламаларын әзірлеу кезінде ескерудің маңыздылығын растады. Деректерді талдау мен интерпретациялау тәсілдерін неғұрлым дәл енгізу механизмін күшейту қажет.

*Әдебиетке шолу.* Көптеген зерттеулер жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды дамытудың жұмыссыздық мәселелерін шешу және инновациялық белсенділікті ынталандыру жолы ретінде маңыздылығын көрсетеді.

Жас кәсіпкерлер жаңа технологияларды құруға және енгізуге, сондай-ақ білім мен ғылымды дамытуға үлкен үлес қосады [5,6]. Алайда, бұл тақырыптың маңыздылығы мойындалғанына қарамастан, Қазақстан Республикасында жастардың кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастыру ерекшеліктеріне арналған зерттеулер өте аз [6].

Бұрын жүргізілген зерттеулер кәсіпкерлік ойлауды дамытатын бірнеше факторларды анықтады. Мысалы, сапалы білімнің қолжетімділігі жастардың кәсіби мобильділігінің және олардың табысты өзін-өзі жүзеге асыруының маңызды элементі болып табылады [7]. Сондай-ақ қажетті инфрақұрылымның, қаржылық ресурстардың және білікті кадрлардың қолжетімділігі үлкен маңызға ие [6]. Сонымен қатар, кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруға отбасылық мәртебе, ата-аналардың білім деңгейі, кәсіпкерлік қызметке қатысу тәжірибесі сияқты факторлар әсер етуі мүмкін [1]. Алайда, бұл факторлардың Қазақстан жастарының кәсіпкерлік ойлау қабілетін дамытуға әсері жеткілікті түрде зерттелмеген.

Л. Босман және С. Фернхабер жеке құзыреттерді, ең алдымен кәсіпкерлік ойлауды дамытудың ерекше маңыздылығын атап өтеді. Ойлау - бұл ақыл-ой қондырғысы немесе бейімділік болғандықтан, кәсіпкерлік ойлау "мүмкіндіктерді ашуға, бағалауға және пайдалануға бейімділік" ретінде анықталады [8].

Кәсіпкерлік ойлауды бизнесті бастау үшін ғана емес, оны ұйым ішіндегі стратегиялық әрекеттер үшін де қолдануға болады. Үлкен немесе кіші кәсіпорындар болсын, кәсіпкерлік ойлау барлық студенттерге, мамандықтарына немесе қызметіне қарамастан, өзекті және қажетті болып табылады. Жоғары білім беру саласындағы кәсіпкерлік барған сайын кәсіпкерлік креативтілікті студенттердің инновациялық қабілеттерін жақсартудың маңызды факторы ретінде бағалайды.

Шаньдун, Цзянсу және Чжэцзян провинцияларындағы кәсіпкерлік университеттерді зерттеу барысында кәсіпкерлік білім беру мен шығармашылықтың кәсіпкерлік ниеттерге оң және айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Сонымен қатар, нәтижелер кәсіпкерлік ойлау, шабыт және өзін-өзі тиімділік арасындағы байланыс кәсіпкер-

лік білім беру мен шығармашылықтың аралық байланысын көрсететінін көрсетті.

Кәсіпкерлік экономикалық өсуді ынталандыруда және экономикаға оң әсер етуде маңызды рөл атқарады [9]. Кәсіпкерлер нарықтағы олқылықтарды анықтап, пайдалануға қабілеттілігімен танымал [8]. Олар инновациялық өнімдер, қызметтер мен процестерді әзірлейді, бұл технологиялық прогреске әкеледі. Бұл өз кезегінде салалардағы өнімділікті, тиімділікті және бәсекеге қабілеттілікті арттырып, экономикалық өсуді ынталандырады.

Бандура (1992) әзірлеген әлеуметтік когнитивтік теорияға сәйкес, адамның өзін-өзі тиімділік деңгейі кәсіпкерлік білім алу арқылы артуы мүмкін. Адамдарға кәсіпкерлік қызметке қатысу мүмкіндігі беріледі, мысалы, мүмкіндіктерді іздеу, компанияның техникалық-экономикалық талдауын жүргізу және нәтижесінде іс жүзінде қолданылатын бизнес-жоспарлар құру. Бұрынғы зерттеулер кәсіпкерлікке оқыту, кәсіпкерлік ойлау және креативтілік жас таланттарды дамытып, адамдарда кәсіпкерлік ниет қалыптастыратынын көрсетті.

Жеке және қоғамдық деңгейде кәсіпкерлікпен байланысты артықшылықтар, мысалы, өзін-өзі жұмыспен қамту мүмкіндіктерін құру, өмір сүру деңгейін жақсарту және кедейлікті азайту, сондай-ақ басқа да әлеуметтік және экономикалық өсудің түрлері бар екені айтылды. Israr and Saleem (2018), деректері бойынша, студенттер қазіргі уақытта өзін-өзі жұмыспен қамтуды қалайды, бұл соңғы жылдары студенттер арасында кәсіпкерліктің кәсібилік ретінде танымал болуының өсуіне ықпал етті. Кәсіпкерлік ойлау әдетте табысты кәсіпкерлермен байланысты қатынастар, мінез-құлық және ойлау тәсілдерінің жиынтығын білдіреді [8]. Кәсіпкерлік ойлауды дамыту тек өз бизнесін бастайтындарға ғана қолжетімді емес. Бұл сондай-ақ корпоративтік жағдайларда да пайдалы болуы мүмкін, онда адамдар инновацияларды ынталандыру және мәселелерді шешу үшін кәсіпкерлік ойлауды қолдана алады. Rodriguez and Lieber (2020) кәсіпкерлік ойлау кәсіпкерлік сектордағы мүмкіндіктерді анықтау және пайдалану қабілетімен сипатталатынын айтады.

Кейбір теорияларға сәйкес, қоршаған орта адамдарға өз ойлауын оқыту немесе тәжірибе арқылы дамытуға көмектесуі мүмкін, бұл кәсіпкерлік білімнің маңыздылығын растайды.

Цифрландыру жағдайында цифрлық әлемде жұмыс істеу кезінде цифрлық кәсіпкерлік ойлауды қабылдау қажеттілігі атап өтіледі. Domino's Tesco және Tate Art Galleries табыс тарихтарын талқылау деректерге, бұлттық технологияларға және платформаға негізделген бизнес-әрекеттерді зерттеуге көмектеседі, цифрлық кәсіпкерлік ойлауды дамыту цифрлық технологиялар дәуіріндегі табысқа жету жолындағы алғашқы қадам болып табылады. Жалпы, жоғарыда аталған жағдайлар цифрлық кәсіпкерлік ойлауға сүйенетін кәсіпорындар жақсы қаржылық көрсеткіштерге қол жеткізетінін көрсетеді. Бұл компаниялардың менеджерлері мен қызметкерлері цифрлық технологиялар арқылы ашылатын мүмкіндіктерді анықтау, бағалау және пайдалану қабілетін көрсетті.

Кәсіпкерлік ойлау өмір бойы оқуға және тұрақты жеке және кәсіби өсуге деген ұмтылысты арттырады. Кәсіпкерлік ойлауы бар адамдар кәсіпкерлікті үздіксіз бейімделуді және оқытуды қажет ететін дамушы жол деп түсінеді. Олар белсенді түрде жаңа білім іздейді, салалық үрдістерді қадағалайды және жаңа идеялар мен перспективаларға ашық болады. Мұндай ойлау кәсіпкерлік білім берудің тұрақты сипатына сәйкес келеді, адамдарды формальды білім беру тәжірибесінен тыс оқуын жалғастыруға итермелейді. Жалпы алғанда, кәсіпкерлік білім кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыру мен дамытуда маңызды рөл атқарады. Ол адамдарға табысты кәсіпкерлік үшін қажетті білімді, дағдыларды, тәжірибені және қолдау жүйелерін ұсынады. Ғылыми деректерге сәйкес, кәсіпкерлік ойлау адамның кәсіпкерлік қызметке және нәтижелерге бағытталған мінез-құлық үлгілерін бағыттап отырып, оның кәсіпкерлік мінез-құлқымен тығыз байланысты. Осылайша, білім беру қатынасқа әсер етуі мүмкін, бұл өз кезегінде кәсіпкерлік ниеттерді болжайды.

Практикалық түрде барлық зерттеушілер Й. Шумпетерге дейін кәсіпкердің негізгі мотиві



ретінде пайданы бөліп көрсетті. Австриялық және америкалық экономист, әлеуметтанушы және экономикалық ой тарихшысы Йозеф Шумпетер бірінші болып кәсіпкерлік белсенділіктің қозғаушы күші ретінде пайданы алуды емес, инновациялық процесті ұсынды [10]

Сонымен бірге, кәсіпкердің жеке мотивация жүйесінде қызмет нәтижесінің критерийлері (кіріс, қоғамдық мойындау, әлеуметтік мәртебе және т.б.) емес, кәсіпкерлік қызмет процесінің факторлары (потенциалды ашу мүмкіндіктері, жеке өсу, өзін-өзі табу, өмірдің мағынасын табу) шешуші болып табылады

**Материалдар мен әдістер.** Бұл зерттеу Қазақстан Республикасының жастарының кәсіпкерлік ойлау қабілетін қалыптастыруға әсер ететін негізгі факторларды анықтауға бағытталған. Осы мақсатқа жету үшін ғылыми әдебиеттер, мемлекеттік статистика және сараптамалық бағалаулар талданды. Бандураның (1992), әлеуметтік когнитивтік теориясына сәйкес, адамның өзін-өзі тиімділік деңгейі, яғни оның өз қабілеттеріне деген сенімі оның мінез-құлқы мен жетістіктеріне шешуші әсер етеді. Осылайша, кәсіпкерлік ойлаудың маңызды компоненті - бұл өз күштері мен қабілеттеріне деген сенімділік [5].

Жеке сипаттамалардан басқа, кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруға әлеуметтік-мәдени, институционалдық және экономикалық факторлар да әсер етуі мүмкін. Осы факторлардың кешенді талдауы Қазақстан Республикасының жастары арасындағы кәсіпкерлік ойлаудың қазіргі жағдайы мен даму перспективалары туралы толығырақ түсінік алуға мүмкіндік береді. Алдыңғы зерттеулер кәсіпкерлікті оқыту, кәсіпкерлік ойлау және креативтілік жас таланттарды дамытып, адамдарда кәсіпкерлік ниетті қалыптастыратынын көрсетті [2]. Осы мақсатта ресми статистикалық деректер, ғылыми басылымдар және сараптамалық бағалаулар сияқты әртүрлі дереккөздерден мәліметтер жиналды.

Мақала жазу үшін негізгі ақпарат көздері: теориялық деңгейде - зерттеу мәселесіне арналған ғылыми мақалалар, монографиялар, мерзімді басылымдар және басқа да жұмыстар; эмпирикалық деңгейде - ресми дереккөздердің деректері, дала-

лық зерттеулердің нәтижелері (ЖОО-ның барлық курстарындағы студенттерді сауалнама).

Мақаланың мақсатына жету үшін жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды дамыту бойынша қайталама ақпараттарды жинау, ЖОО студенттерінің пікірлерін анықтау, Қазақстан Республикасының жастарының кәсіпкерлік ойлауды дамытуға арналған тиімді құралдарды анықтау сияқты сапалық және сандық зерттеу әдістері қолданылды. Сапалық зерттеу әдістері ретінде кабинет зерттеуі және сарапшылармен тереңдетілген сұхбаттар қолданылды. Сарапшылар ретінде кәсіпкерлік курсының оқытушылары, бизнес-тренерлер, аймақтағы белсенді кәсіпкерлер және аймақтық "Атамекен" Ұлттық Кәсіпкерлер Палатасының өкілдері болды. Тереңдетілген сұхбаттар Ақтөбе қаласында өткізілді.

Сонымен қатар, фокус-топ әдісі қолданылды. Зерттеу аясында әрқайсысында 8 адамнан тұратын 2 фокус-топ өткізілді. Фокус-топтың қатысушылары кәсіпкерлікпен айналысатын студенттер, кәсіпкерлікпен айналысқысы келетін студенттер, ЖОО түлектері - бизнес иелері болды. Әр топтың ұзақтығы 1,5-2 сағатты құрады.

Студенттердің кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруы мен дамуын сандық бағалау үшін бетпелет сауалнама жүргізілді. Респонденттерді таңдау ЖОО факультеттері бойынша кездейсоқ іріктеу әдісімен жүргізілді.

Сауалнама google form арқылы Астана, Ақтөбе, Атырау университеттерінде оқитын барлық курстарындағы студенттер арасында 2023-2024 оқу жылының бірінші семестрінде өткізілді. Жауаптар 532 респонденттен алынып, жас, жыныс, оқу ақысының төлем нысаны және мамандану критерийлері бойынша әртүрлі пропорцияларда бөлінді.

*Негізгі ережелер.* Қойылған мақсаттарға жету үшін 2023-2024 оқу жылының бірінші семестрінде form арқылы Астана, Ақтөбе, Атырау университеттерінің барлық курстарының студенттеріне сауалнама ұсынылды. Сауалнамада кәсіпкерлік ойлауды түсіну, университетте кәсіпкерлік құзыреттерді дамыту мүмкіндіктері, бизнес-жобаларды жүзеге асырудың қалаулы салалары,



танымал кәсіпкерлер және тәуекелдерге қатынас сияқты сұрақтар қамтылды. Жас, жыныс, оқу ақысының төлем нысаны және мамандану бойынша әртүрлі топтарды қамтитын 532 респонденттің жауаптары жиналды. Алғашқы деректерді өңдеу кезеңінде студенттердің кәсіпкерлік ойлау туралы кешенді түсініктерін анықтау үшін семантикалық талдау жүргізілді. Деректерді неғұрлым дәл және сенімді нәтижелер алу үшін талдау тәсілдерін енгізу механизмін күшейту қажет.

### Нәтижелер және талқылау

*Гипотеза 1: Техникалық мамандық студенттері гуманитарлық мамандық студенттеріне қарағанда кәсіпкерлік қызметке жоғары дайындық көрсетеді.*

**Дәлелдеме:** Жас, жыныс, оқу ақысының төлем нысаны және мамандану бойынша деректерді талдау нәтижесінде 1-сұраққа жауап бергендердің ішінде жиі кездесетін сөз тіркестері анықталды: «пайда табу» (29), «көшбасшылық қасиеттер» (27), «мақсатқа жету» (18), «тәуекел деңгейі» (17). Бұл нәтижелер техникалық мамандық студенттері кәсіпкерлік ойлаудың негізгі элементтерін жиі атап өтетінін көрсетеді. Бұл техникалық мамандық студенттерінің кәсіпкерлікке бейімділігінің гуманитарлық мамандық студенттеріне қарағанда жоғары екенін алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Осылайша, техникалық мамандық студенттерінің кәсіпкерлік қызметке жоғары дайындық гипотезасын растайды.

*Гипотеза 2: Жыныс, жас және оқу ақысының төлем нысаны студенттердің тәуекелдерді қабылдауына және олардың кәсіпкерлік қызметке дайындығына айтарлықтай әсер етеді.*

**Дәлелдеме:** 5-сұраққа жауаптарда студенттердің 9,5%-ы тәуекелге теріс көзқарас білдірді, ал 81,5% респонденттер бұл факторды қызметтің міндетті сипаттамасы ретінде түсінеді. Мәліметтер ер адамдар мен үлкен жастағы студенттердің тәуекелге оң көзқарас білдіретінін көрсетті. Сонымен қатар, ақылы негізде оқитын студенттер тәуекелдерді басқару немесе тәуекелдерді азайту қажеттілігін жиі атап өтеді, бұл бюджеттік негізде оқитын студенттерге қарағанда. Осылайша,

жыныс, жас және оқу ақысының төлем нысаны студенттердің тәуекелдерді қабылдауына және олардың кәсіпкерлік қызметке дайындығына айтарлықтай әсер ететінін растайды.

*Гипотеза 3: Білім беру бағдарламаларына жобалық қызмет пен практикалық бағытталған курстарды енгізу студенттердің кәсіпкерлік құзыреттерін белсенді дамытуға ықпал етеді.*

**Дәлелдеме:** 2-сұраққа жауаптарда студенттердің көпшілігі (85%) білім беру ортасының келесі элементтерін атап өтеді: «жоба» (86 жауап), «қызмет» (72), «бизнес» (87). Оқушылардың жобалық қызметті іске асыру мүмкіндігін нақты түсінуі оң нәтижеге жатады. Студенттердің кәсіпкерлік жобаларын жүзеге асыру үшін инвесторларды іздеу процесін жандандыру қажет. Осылайша, алынған мәліметтер білім беру бағдарламаларына жобалық қызмет пен практикалық бағытталған курстарды енгізу студенттердің кәсіпкерлік құзыреттерін белсенді дамытуға ықпал ететінін растайды.

Зерттеу нәтижелері студенттердің жасы, жынысы, оқу ақысының төлем нысаны және мамандану бойынша деректердің талдауын қамтиды. Сауалнама сұрақтарына жауаптардың семантикалық талдауы кәсіпкерлік ойлауға байланысты жиі қолданылатын сөздер мен сөз тіркестерін анықтауға мүмкіндік берді. Логистикалық регрессия көмегімен студенттердің кәсіпкерлік ойлауына әсер ететін әртүрлі факторлардың маңыздылығы бағаланды. Деректердің дәлдігін қамтамасыз ету үшін жоспарлар мен тапсырмалардың уақтылы орындалуын бақылау қажет.

Маңызды регрессия коэффициенттерін интерпретациялау демографиялық факторлардың және білім беру ортасының студенттердің кәсіпкерлік ойлауына әсері туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелерін гипотезалармен салыстыру бұл факторларды білім беру бағдарламаларын әзірлеу кезінде ескерудің маңыздылығын растады. Деректерді талдау мен интерпретациялау тәсілдерін неғұрлым дәл енгізу механизмін күшейту қажет.

Негізгі зерттеу қорытындылары университет студенттерінің кәсіпкерлік ойлауын мақсатты

түрде қалыптастырудың маңыздылығын көрсетеді. Ұсынымдар білім беру бағдарламаларына жобалық қызмет пен практикалық бағытталған курстарды интеграциялауды, сондай-ақ студенттердің кәсіпкерлік құзыреттерін дамыту үшін жағдай жасауды қамтиды. Студенттердің жобаларын жүзеге асыру үшін инвесторларды іздеу процесін жандандыру қажет. Қойылған мақсаттарға қол жеткізу үшін ұсыныстардың уақытылы орындалуын бақылау қажет. Болашақ зерттеулерге қатысты ұсыныстар үлгіні кеңейтуді және талдаудың неғұрлым егжей-тегжейлі әдістерін қолдануды қамтиды.

Кәсіпкерлік ойлау - шығармашылық идеяларды кәсіпкерлік әрекеттерге айналдыру қабілеті. Бұл қабілеттің негізінде белсенді азаматтық ұстаным, әлеуметтік бөлінуді еңсеру, жаңа қызмет түрлеріне дайындық және еңбек қызметінің икемділігі жатыр.

Кәсіпкерлік туралы әдебиеттерде проактивтілік, инновациялылық және тәуекелге дайындық кәсіпкерлік мінез-құлықтың үш стандартты аспектісі ретінде қарастырылады. Кәсіпкерлік ойлау стилі келесі компоненттерден тұрады:

- Әлемді және өзін ондағы жүйелі қабылдау (дүниетаным және өзін әлемде сәйкестендіру);
- Өмір жағдайын қалыпты өмір салты ретінде қабылдау;
- Шығармашылық қабілеттерді дамыту (идеялардың болуы);
- Ұсынылған идеялардың өзектілігі (сұраныс, әлеуметтік маңыздылық);
- Ұсынылған бастамалардың орындалуы;
- Ішкі және сыртқы ресурстарды тарту қабілеті;
- Қателіктер мен жетістіктерді даму көзі ретінде қабылдау (стресс төзімділігі).

Қолданыстағы зерттеулерді талдау Қазақстан Республикасының жастары арасында кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруға әсер ететін бірнеше негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік берді. [11] Олардың ішінде:

1. Білім деңгейі және сапалы білімнің қолжетімділігі. Білім деңгейі кәсіпкерлік қызмет-

тің табыстылығымен тығыз байланысты. Жоғары білімді және білікті жастар кәсіпкер ретінде өзін-өзі жүзеге асырудың үлкен мүмкіндіктеріне ие.

2. Қажетті инфрақұрылымның болуы және қаржылық ресурстардың қолжетімділігі.

3. Кәсіпкерлікті дамытуға қолайлы инфрақұрылымды құру, сондай-ақ жастардың қаржылық ресурстарға қолжетімділігін қамтамасыз ету кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруға әсер ететін маңызды факторлар болып табылады.

4. Отбасылық мәртебе және ата-аналардың кәсіпкерлік тәжірибесі.

5. Зерттеулер кәсіпкерлердің балаларының өздері кәсіпкер болу ықтималдығы жоғары екенін көрсетеді. Бұл олардың бала кезінен бастап кәсіпкерлік ойлауды дамытуға ықпал ететін құндылықтар, дағдылар мен мінез-құлық үлгілерін қабылдауымен түсіндіріледі.

6. Нарықтық экономиканың даму деңгейі және қалыптасу тәжірибесі. Зерттеулер көрсеткендей, нарықтық экономикасы дамыған және нарықтық өзгерістер тәжірибесі мол елдер жастардың кәсіпкерлік белсенділігімен сипатталады.

Алынған нәтижелер Қазақстан жастарының кәсіпкерлік ойлауының қалыптасуы жеке, әлеуметтік-мәдени, институционалдық және макроэкономикалық факторлар кешенімен байланысты екенін растайды. Жастар арасындағы кәсіпкерлікті дамытуға қолайлы орта құруға бағытталған мемлекеттік саясатты әзірлеу осы ерекшеліктерді ескеруі тиіс.

Бұл бағыттағы зерттеу нәтижелерін талдау және түсіндіру кәсіпкерлік ойлау қабілеті келесі жеке қасиеттердің арқасында көрінетінін көрсетеді: а) креативтілік: өнертапқыштық, түпнұсқалық, тапқырлық, шығармашылық қиял, өнімді ойлау, ассоциативті қабылдау, интуиция, эмпатия; б) интегративті-жеке ерекшеліктер: дербестік, өзін-өзі сынға алу, сообразительность, коммуникативтік қабілеттер, импровизациялық-өзгермелі шығармашылық ерекшеліктер, тұлғаның динамикасы.

Қазақстандағы жастар арасында кәсіпкерлік білімді дамыту бойынша маңызды мәселелердің

бірі жастар арасында кәсіпкерлік қатынас пен ойлауды заманауи ақпараттық-коммуникациялық құралдар арқылы қалыптастыру болып табылады [12]. Олар арасында кәсіпкер болуға қызығушылық тудыру және оларды кәсіпкерлік қызметке ынталандыру үшін рөлдік ойындар, бизнес-жобаларды жасау, соның ішінде қашықтықтан цифрлық платформалар арқылы жүргізілетін жобалар өте тиімді екенін көрсетеді [9]. Мұндай тәсілдер жастардың тәжірибесін кеңейтуге және оларды инновациялық кәсіпкерлік қызмет түрлеріне баулуға, сондай-ақ білім, коммуникация және стратегиялық ойлауды дамытуға ықпал етеді. Әсер етуші факторлар және қазіргі заманғы бизнес үшін маңызды дағдылар мен қабілеттер кәсіпкерлік білімді жетілдіру жөніндегі жұмыста ескерілуі тиіс. Сауалнамада да осы ерекшеліктер.

Жалпы, кәсіпкерлік ойлау келесі ерекшеліктермен сипатталады:

- Бұрын ешкім қол жеткізбеген нәтижелерге қол жеткізу;
- Қажетті нәтижеге әкелетін жол белгісіз болған жағдайда әртүрлі жолдармен әрекет ету мүмкіндігі;
- Нәтижеге қол жеткізу үшін қолданылатын әдістердің әртүрлілігі;
- Өз бетінше әрекет ету қажеттілігі.

Адамның кәсіпкерлік ойлау стилінің сыртқы көріністері - оның өмірге деген кәсіпкерлік көзқарасы және кәсіпкерлік белсенділік, олар сырттай кәсіпкерлік құзыреттілікте көрінеді.

Кәсіпкерлік ойлау экономикалық ойлаудың ерекше түрі болып табылады, оның негізгі санаттарына таңдау, назар және күтуден басқа, түсіну, қабылдау, болжам, алдын ала көру жатады.

Көбірек жоғары оқу орындары кәсіпкерлік құзыреттерді дамыту үшін білім беру ортасын қалыптастырады, бұл түлектерді дайындау сапасын арттыруға, әртүрлі бағыттағы жобаларды бастау және жүзеге асыру қабілеттерін нығайтуға, ынтымақтастық дағдыларын және белгіленген мақсаттарға бірлесіп қол жеткізуді қалыптастыруға, тұрақсыздық жағдайында өзін-өзі жетілдіруге бағытталған жеке қасиеттерді дамытуға көмектеседі.

Бірқатар білім беру ұйымдарының тәжірибелі басшыларының пікірінше, қазіргі заманғы университеттерде кәсіпкерлік ойлауды тәрбиелеу және қалыптастыру міндетті құрамдас бөлікке айналуы тиіс.

Кәсіпкерлік басқа пәндер сияқты, іс-шаралар шеңберінде оқытылып, дамуы мүмкін, онда кәсіпкерлік мәселелері талқыланып, зерттеледі, студенттердің табысына ықпал ететін білімдер, дағдылар, қондырғылар мен сипаттар жарияланады.

Студенттер сондай-ақ кәсіпкерлік курстардан өткеннен кейін оқытудың негізгі әдісін, оның ішінде бизнес тәжірибесін беру, компанияға бару, табысты кәсіпкермен сұхбаттасу арқылы біле алады. Теорияның орнына контекстік оқыту қолданылатын және нақты тәжірибе берілетін бұл оқыту әдістемесі олардың кәсіпкерлік қабілеттері мен дағдыларын арттыру үшін ең маңызды болып саналады.

Қазіргі уақытта Қазақстан университеттерінде ұқсас процестер жүріп жатыр, ұйымдардың көбеюі өздерінің «кәсіпкерлік миссиясын» мәлімдейді. Дүниежүзілік деңгейдегі университеттердің ең сәтті анықтамасын және оларды сәтті ететін негізгі қағидаларды іздеуде ғалымдар талданған зерттеу университеттерінің қол жеткізген тамаша нәтижелері (сұранысқа ие түлектер, озық зерттеулер және білім мен технологияларды белсенді беру) олардың табыстылығына әсер ететін үш өзара байланысты факторлар жиынтығына жатқызуға болатыны туралы қорытындыға келеді (1-сурет).

Бұл факторларға мыналар кіреді:

Профессорлық-оқытушылық құрам мен студенттер арасында жоғары таланттардың концентрациясы;

Жетекші зерттеулерді жүргізуге және білім беру ортасын құруға мүмкіндік беретін елеулі ресурстар;

Көшбасшылық қасиеттерді дамытуға, стратегиялық көрініс, инновациялар мен икемділікті ынталандыратын және мекемелерге шешім қабылдауға және ресурстарды басқаруға мүмкіндік беретін басқару ерекшеліктері.

Бұл үш топ факторларының белсенді өзара әрекеті жоғары деңгейлі зерттеу университеттерінің ерекше ерекшелігі болып табылады. Әлемдік деңгейдегі зерттеу университетінің рухы идеяларға ашықтықпен және дәстүрлі түсініктерге сын тудыруға дайындықпен сипатталады.



**1-сурет. Әлемдік деңгейдегі университеттің (УМЖ) сипаттамалары: негізгі факторлар**

Кәсіпкерлік қызметке бағытталған білім беруді қамтамасыз ететін оқытушылардың мотивациясын қолдау мәселесі өзекті болып қала береді. Білім берудегі жаңа стратегияларды дамыту негізгі стратегиялық ресурс – оқытушылар құрамына байланысты. Жаңа білім беру бағдарламаларын құру процесіне оқытушылардың қатысуын үздіксіз арттыруға ықпал ететін қолайлы ортаны құруға барынша назар аудару қажет.

Барлық университеттерге әлемдік деңгейдегі жоғары деңгейге жету мүмкін емес, өйткені сыртқы әлеуметтік, экономикалық, ақпараттық және құқықтық факторлар үлкен әсер етеді, бірақ білім беру ұйымдарын басқаруға заманауи кәсіпкерлік типтегі университеттерді сипаттайтын элементтерді енгізу әбден мүмкін.

Кәсіпкерлік дағдысы басқаларға пайда келтіру үшін мүмкіндіктер мен идеяларға сәйкес әрекет ету ретінде анықталды. Құрылатын құндылық қаржылық, мәдени немесе әлеуметтік болуы

мүмкін.

Қазақстандағы университеттік білім беруді дамытудың қазіргі кезеңі қазіргі заманғы инновациялық және кәсіпкерлік университеттің оңтайлы моделін белсенді іздеумен сипатталады. Қазақстандағы жоғары білім берудің даму үрдістерін талдау кәсіпкерлік университеттерді қалыптастыру процесі бастапқы кезеңде екенін көрсетеді.

Қазақстан жастары арасында инновациялық және кәсіпкерлік ойлауды қалыптастыруда келесі сипаттамалар негіз болып табылады: кәсіпкерліктің құндылығын, кәсіпкерлік ойлау стилін және қызмет түрін түсіну; кәсіпкерлік ойлауды дамытатын білім мен дағдыларды алу; университет ішінде және оның айналасында кәсіпкерлік экожүйесін қалыптастыру, оның ішінде кадрлар, инфрақұрылым, оқиғалар ағымы.

Университеттерді жаңа типтегі ұйымдарға (кәсіпкерлік университеттерге) айналдыру

жолдары өзекті мәселе болып табылады, олар инновациялық технологияларды, еңбек нарығын, ғылымды қажет ететін ғылыми жобаларды дамытуға және басқаруға бағытталған.

Астана, Ақтөбе, Атырау университеттерінде кәсіпкерлік орталығы жастар арасында кәсіпкерлік ортаны дамыту және кәсіпкерлік қызметті танымал ету бойынша жұмысты 2022 жылдың қаңтарынан бастап жүргізіп келеді. 2022 жылдың қыркүйегінен бастап Орталық құрылымында стартаптарды инкубациялау өтетін «Startup » алаңы жұмыс істейді. Қазіргі уақытта инкубациялық бағдарлама дайындалып, оған оқыту, тәлімгерлік, трекерлік қызметтер кіреді. Инкубацияға іріктеу «Startup Fair» бизнес-идеялар конкурсы форматында өтеді.

Астана, Ақтөбе, Атырау университеттерінде кәсіпкерлікке қызығушылық танытатын студенттерді анықтау үшін сауалнама жүргізілді, оған

келесі ашық сұрақтар енгізілді:

««Кәсіпкерлік ойлау» дегенді сіз қалай түсінесіз, 2-3 сөйлеммен сипаттаңыз.»

«Университетте кәсіпкерлік құзыреттіліктерді дамыту мүмкіндіктерін қалай көресіз, 2-3 сөйлеммен сипаттаңыз.»

«Өз бизнес-жобаныңды қай салада жүзеге асырғыңыз келеді?»

«Сіз білетін кәсіпкерлерді атаңыз (қызмет саласын көрсете отырып).»

«Сіз тәуекелге қалай қарайсыз?»

Сауалнама Астана, Ақтөбе, Атырау университеттерінде барлық курс студенттеріне 2023-2024 оқу жылының бірінші семестрінде ұсынылды. Жауаптар 532 респонденттен алынды және жас, жыныс, оқу ақысының түрі, мамандық критерийлері бойынша әртүрлі пропорцияларда бөлінді (1-кесте).

**1-кесте. Сауалнамаға қатысқан студенттердің ұжымдық портреті**

Сипаттама	%
Жасы	
- 16-17	30
- 18-19	37
- 20-21	32
- 22 жастан үлкен	1
Жынысы	
- әйел	60
- ер	40
Оқу бюджеті	
- мемлекеттік грант негізде	58
- ақылы негізде	42
Мамандану	
- техникалық	47
- гуманитарлық	53
Ескерту: Автормен құрастырылған	

Алынған мәліметтерді өңдеудің бірінші кезеңінде студенттердің кәсіпкерлік ойлау туралы кешенді түсінігін анықтау үшін семантикалық талдау жүргізілді.

1-ші сұраққа жауап беру кезінде жиі айтылған сөздер: «тәуекел» (75 жауап), «қабілет» (57), «мақсат» (53), «пайда» (12), «шешім» (47), «биз-

нес» (49), «пайда» (31) және т.б. Ең жиі кездесетін екі сөзден тұратын тіркестер: «пайда табу» (29), «көшбасшылық қасиеттер» (27), «мақсатқа жету» (18), «тәуекел деңгейі» (17).

2-ші сұраққа жауаптарда студенттердің басым бөлігі (85%) келесі білім беру ортасының элементтерін атап өтті: «жоба» (86 жауап), «қызмет»



(72), «бизнес» (87). Оқушылардың жобалық қызметті жүзеге асыру мүмкіндігін нақты түсінуі оң нәтиже болып табылады, алайда басқа құралдар бойынша студенттердің ақпараты аз екендігі анықталды.

3-ші сұраққа жауаптарда студенттердің бизнес түрлері бойынша таңдаулары өте кең болды және көбінесе таңдалған сала оқу мамандығына сәйкес келді: IT, электр энергетикасы, білім беру қызметтері, дизайн, психология, аударма ісі және т.б. 4-ші сұраққа жауаптарда студенттер жиі атап өткен кәсіпкерлер: Уоррен Баффет (107 жауап), Илон Маск (73), Марк Цукерберг (62), Джек Ма (37), Билл Гейтс (20), Джефф Безос (19), Маргулан Сейсембай (6) және т.б.

5-ші сұраққа жауап берген студенттердің 9,5% тәуекелге теріс көзқарас білдірсе, 81,5% респонденттер бұл фактордың кәсіпкерлік қызметтің міндетті сипаттамасы екенін түсінеді. Алынған ақпарат білім беру мазмұнын студенттердің қызығушылықтарын дәлірек ескеретіндей етіп дайындауға мүмкіндік береді, бұл олардың тиісті оқу және ағартушылық курстарға деген қызығушылығын арттырады.

Алынған мәліметтерді өңдеудің екінші кезеңінде кәсіпкерлік бағытқа қызығушылық танытатын студенттер анықталды, олар келесі критерийлер бойынша таңдалды:

- кәсіпкерлік мінез-құлық моделіне қатысты жеке пікірі бар;
- университеттің білім беру ортасында кәсіпкерлік қабілеттерін дамыту мүмкіндіктерін көреді;
- өз бизнес жобасын қай салада жүзеге асыратынын біледі;
- кәсіпкерлік ортадан кемінде екі өкілді саласын көрсете отырып атай алады;
- тәуекелге оң немесе бейтарап көзқараспен қарайды.
- Алынған мәліметтерге сәйкес, анықталған талаптарға сәйкес келетін 241 респондент бар, бұл жалпы санының 29,4%-ын құрайды, олардың 69%-ы әйелдер, 31%-ы ерлер; 77%-ы гуманитарлық мамандықтарда оқиды (оның ішінде 59%-ы экономикалық мамандықтар бойынша студенттер), 85,7%-ы

16-18 жас аралығында.

Сауалнама барысында респонденттердің 81%-ы жастар кәсіпкерлігін дамыту үшін арнайы даму/қолдау бағдарламалары қажет екенін атап өтті, оларды мемлекеттік/қоғамдық/коммерциялық құрылымдар жүзеге асыруы керек.

Зерттеу барысында жастардың көпшілігі кәсіпкерлік қызметті жүргізу шарттары алдағы 1-2 жылда жақсарады деп санайтыны (56,5%), 30%-ы шарттар өзгермейді деп санайды және тек 8,8%-ы кәсіпкерлік қызмет шарттары нашарлайды деп санайды. Сонымен қатар, келесі бірнеше жылда мақсатты аудиторияның 61%-ы жалғыз немесе басқалармен бірге кәсіпкерлік қызметті, оның ішінде кез келген өзін-өзі жұмыспен қамту түрін бастай алады деп анықталды.

Осылайша, әртүрлі бағыттарда оқитын студенттердің шамамен 50%-ы кәсіпкерлік ойлауды дамытуға қызығушылық танытады. Кәсіпкерлік өзін-өзі анықтауға және бизнес-жобаларды жасау, әзірлеу және іске асыру бойынша міндеттерді жүзеге асырудың нақты тәжірибесін алуға жағдай жасайтын білім беру ортасын қалыптастыру кәсіби білім берудің өзекті міндеті болып табылады.

Осы зерттеу аясында қарастырылатын мәселелердің бірі - оқыту барысында немесе университетті бітіргеннен кейін студенттерді кәсіпкерлік қызметке тарту процесі. Зерттеу барысында университеттің кәсіпкерлік инфрақұрылымын дамыту студенттердің кәсіпкерлік ниетінің пайда болуына және олардың өз бизнесін құру және дамыту аясында одан әрі жүзеге асырылуына әсер ететін маңызды фактор бола алатыны анықталды. Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, студенттерде экономикалық ойлау мен кәсіпкерлік қызмет дағдыларын қалыптастыру үшін бес аспектіні бір мезгілде дамыту қажет екенін атап өтуге болады (2-кесте).

Сарапшылардың пікірінше, жастар арасында кәсіпкерлік қызметті бастаудың ынталандырушы факторлары:

1. Кәсіпкерлікті дамыту бойынша мемлекеттік бағдарламалардың болуы;
2. Білім алу және кейіннен бизнесті ашуға арналған оқыту бағдарламаларының болуы;

3. Болашақ кәсіпкерлердің жақын ортасында негізгі факторлар мыналар: табысты кәсіпкерлік қызметтің үлгілерінің болуы.

- қаржылық тәуелсіздік;
- инновациялық идея;
- хобби;
- көп табыс табуға ұмтылыс (3-кесте).

**2-кесте. Жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды дамытатын негізгі факторлар**

Институционалды	Мемлекеттік	Білім беру	Қоршаған орта	жеке
<ul style="list-style-type: none"> <li>• кәсіпкерлікке қолайлы жағдай жасау</li> <li>• кәсіпкерлік мәдениетті дамыту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ресурстарға қолжетімділік</li> <li>• қолдау бағдарламаларын дамыту</li> <li>• әкімшілік кедергілерді азайту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• оқытудың жаңа тәсілдері</li> <li>• оқу-әдістемелік материалдарды жанарту</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кәсіпкерлік бастамаларды қолдау</li> <li>• капитал беру</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ішкі мотивация білім мен ресурстар жинақтау</li> <li>• өзін-өзі жүзеге асыру</li> </ul>
Ескерту: мәліметтер негізінде автормен құрастырылған				

**3-кесте. Кәсіпкерлік қызметпен айналысуға ынталандыратын негізгі себептер**

Қаржылық тәуелсіздік	65%
Біреуге жұмыс жасағысы келмеу	44%
Көбірек ақша табу	48%
Жақсы бизнес идея	29%
Имидж	27%
Тәжірибе	25%
Амбицияны жүзеге асыру	23%
Әлеуметтік мәселелерді шешу	19%
Басқа мақсаттар	17%

Кәсіпкерлік қызметтің негізгі тартымды жағы жастар үшін еркіндік болып табылады – шешім қабылдауда дербестік, шығармашылық және меншік иесіне тәуелділіктің болмауы. Зерттеу нәтижелері қазіргі жастардың кәсіпкерлікке, өз ісін ашуға белгілі бір қызығушылығы бар екенін көрсетеді. Өзінің кәсіпкерлік қызметі арқылы жастар лайықты материалдық жағдайға қол жеткізуді және бар идеялары мен амбицияларын жүзеге асыруды жоспарлап отыр.

Жастардың өзін-өзі бағалауы, қоғамдық пікір және жеке тұлғаның әлеуметтік байланыстары кәсіпкерлікті қызмет түрі ретінде таңдауға айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Жас кәсіпкерлерге ел, аймақ, университет немесе отбасы ортасында қолжетімді ресурстарды елемеуге болмайды және олардың өз қабілеттерін де назардан тыс қалдырмауы маңызды. Әсіресе әлеуметтік капиталдың барлық түрлерін, яғни отбасынан және университеттен қолжетімді қолдауды дамыту өте маңызды, өйткені дәл осы қолдау жаңа кәсіпорынды іске қосу үшін бұрын қолжетімсіз ресурстарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Университеттік және отбасылық қолдаудың әртүрлі формаларын пайдалану жас кәсіпкерлер үшін маңыздырақ, сондықтан оларға көбірек назар аудару және оларды пайдалану қажет.

Қазақстанның қазіргі заманғы жоғары оқу

орындары кәсіпкерлік ойлауды ынталандыруға бағытталған жаңашыл оқыту әдістерін белсенді түрде енгізуде. Негізгі сәттердің бірі практикалық сабақтар мен жобалық жұмысты оқу процесіне енгізу болып табылады. Студенттерге өз бизнес-жоспарларын, өнімдер мен қызметтердің прототиптерін әзірлеуге, сондай-ақ олардың нарықтық әлеуетін бағалауға мүмкіндік беріледі.

Хакатондар, стартап-байқаулар, инкубаторлар мен акселераторлар сияқты бастамалар кәсіпкерлік ойлауды дамытуда маңызды рөл атқарады. Бұл іс-шаралар студенттердің білімдерін тәжірибеде қолдануына ғана емес, сонымен қатар жас кәсіпкерлердің қауымдастығын құруға, тәжірибе және идеялар алмасуға ықпал етеді.

Әлемдік кәсіпкерлік және білікті кәсіпкерлерді оқыту саласының дамуын қадағалай отырып, кәсіпкерлік қызметтің негізі халыққа ерте жастан бастап қаланған елдерді атап өтуге болады. Сондықтан кәсіпкерлік ойлауды балабақшадан бастап оқыту жүйесін енгізу ұсынылады.

**Қорытынды.** Қазіргі уақытта кәсіпкерлік тұлғаны қалыптастырудағы инновациялық тәсіл ғана Қазақстанға жана инновациялық секірісті жүзеге асыруға, ұлттық экономиканы жаһандық сын-қатерлерді ескере отырып модернизациялау мүмкіндігіне ие болуға мүмкіндік береді.

Кәсіпкерлік ойлау жүйесінің заманауи білім беру жүйесі ХХІ ғасырдың сын-қатерлеріне жауап беруі керек және бизнес жүргізу дағдыларын қалыптастыруға бағытталуы тиіс. Бұл дағдылар келесі басым инновациялық салалардың әлемдік даму үрдістерін ескере отырып қалыптастырылуы керек:

Өмір туралы ғылымдар;

Ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелер;

Наносистемалар индустриясы;

Қоршаған ортаны ұтымды пайдалану;

Көлік және ғарыш жүйелері;

Энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, ядролық энергетика.

Қазақстан жастары арасында кәсіпкерлік ойлауды дамыту үшін келесі шараларды жүзеге асыру ұсынылады:

Технопарктер, бизнес-инкубаторлар, кәсіпкерлікті қолдау орталықтарының жұмыстарын жандандыру, жастар жобаларын кеңес беру, талқылау және бизнесте енгізу үшін «аландар» құру;

Табиғи және техникалық ғылымдар саласында халықаралық жастар ғылыми-технологиялық паркін ұйымдастыру, онда әлемдік тәжірибені ескере отырып, инновациялық өнімдерді әзірлеу және оларды инновациялық бизнеске интеграциялау мүмкін болады;

Студенттердің инновациялық кәсіпкерлігін дамытуға академиялық және салалық ғылымды тарту (студенттердің тәжірибеден өтуі, студенттік инновациялық бизнес-идеяларды коммерцияландыру мақсатында қарастыру және т.б.);

Білім мен дағдыларды параллельді түрде меңгеру, бекіту және нақты бизнес жобаларды жүзеге асыру арқылы дамытуға негізделген оқыту моделін орнату (студенттердің жеке өсуі).

Қорытындылай келе, кәсіпкерлікті қалыптастыру және дамыту Қазақстан Республикасында экономикалық реформаларды жүзеге асырудың заңды процесі болып табылатынын атап өту керек. Бизнесті дамыту оның қатысушыларынан жаңа мамандықтарды, жаңа тәсілдерді және жаңа білімдерді игеруді талап етеді. Қазақстан экономикасының даму жағдайында білім беру мазмұнының қоғам қажеттілігіне сәйкес келуі маңызды, яғни әртүрлі нарықтық жағдайларда жылдам бейімделуге қабілетті, бастамашыл, экономикалық сауатты, кәсіби білімді кәсіпкерлердің жаңа түрін қалыптастыру қажет.

Жастар арасында кәсіпкерлік ойлауды дамыту, оларды кәсіпкерлік қызметке тарту — бұл тек шағын бизнестің үлесін арттыру және құрылымын жақсарту ғана емес, сонымен қатар, олардың жұмыспен қамту мәселесін шешу, шығармашылық әлеуетін және кәсіби амбицияларын жүзеге асыру, қоғамның тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады.

## Әдебиеттер

1. Javeed, A., Aljuaid, M., Mehmood, S., Khan, M Y., Mahmood, Z., Shahid, D., & Wali, S S. Factors affecting youth empowerment and entrepreneurial initiatives: Social implications and way forward // *Frontiers Media*. -2022. -Vol. 13. DOI 10.3389/fpsyg.2022.912259
2. Chiru, C., Tăchiciu, L., & Ciuchete, S G. Psychological Factors, Behavioural Variables and Acquired Competencies in Entrepreneurship Education // *Elsevier BV*. -2012.-Vol. 46.- P. 4010-4015. DOI 10.1016/j.sbspro.2012.06.188
3. Alaref, J J S., Brodmann, S., & Premand, P. The medium-term impact of entrepreneurship education on labor market outcomes: Experimental evidence from university graduates in Tunisia // *Elsevier BV*. -2020.- Vol. 62.- P.101787-101787. DOI 10.1016/j.labeco.2019.101787
- Rohim, A., Diana, I N., & Rofiq, A. Development of the Students' Entrepreneurship in Building a Creative Economy. -2021. -Vol. 4(1).-P. 123-131. DOI 10.31538/ijse.v4i1.1555
4. Stabingis, L., & Raupelienė, A. Factors influencing entrepreneurial intentions among the students in the baltic sea region countries // *Vilnius Gediminas Technical University*.-2023. -Vol. 24(1).- P. 301-311. DOI 10.3846/btp.2023.18948
5. Taubayev, A., Kamenova, A., Legostayeva, A., Srailova, G., & Ayazhanov, K. Innovative entrepreneurship development: main problems and educational limitations in Kazakhstan. -2019. -Vol. 177(5-6). -P. 92-100. DOI 10.21003/ea.v177-08
6. Abdikerova, G O., Kylyshbaeva, B., Duisenova, S., & Altynbekov, A. Quality Education as a Basis for Professional Mobility of Youth in the Republic of Kazakhstan // *Elsevier BV*. -2014.-Vol.116.- P. 4487-4492. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.01.972
7. Bosman L., Fernhaber S. Teaching the Entrepreneurial Mindset Across the University. An Integrative Approach. Springer Cham, 2021. 135 p. DOI 10.1007/978-3-030-79050-9
8. Khamzina, Z A., Buribayev, Y A., Yermukanov, Y., & Alshurazova, A. Is it possible to achieve gender equality in Kazakhstan: Focus on employment and social protection // *SAGE Publishing*. -2020.- Vol. 20(1).- P. 5-20. DOI 10.1177/1358229120927904
9. Kaldybayeva, O V., Ashimkhanova, D E., Baigabylov, N O., Tagayeva, S B., Mukhambetova, K., & Manzhugulova, A Y. Youth installations to labour in modern Kazakhstan. *Inderscience Publishers*.-2018.- Vol.10(4).-P.325-345. DOI 10.1504/ijlc.2018.095817
10. Mueller, S L., Thomas, A S., & Jaeger, A M. National entrepreneurial potential: The role of culture, economic development, and political history // *Elsevier BV*. -2002. - P. 221-257. DOI 10.1016/s0747-7929(02)14037-6
11. Larin M.V., Mukhatova O. Functional requirements for information systems electronic document circulation // *Journal of History*-2019.-Vol. 92(1).-P 55-61. DOI 10.26577/jh-2019-1-411

*Авторлар туралы мәліметтер*

Сайымова М.Д. -PhD, қауымдастырылған профессор, Ақтөбе өңірлік университеті. Қ. Жұбанова, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: msaiymova@zhubanov.edu.kz;

Мауина Ғ.А. -Экономика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: mauina\_galiya@mail.ru;

Байдалинова А.С. -PhD, С. Утебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан, e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru;

Сағындықова Г.М.-Экономика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.Құлжанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: gsmaktobe1@mail.ru

*Information about the authors*

Saiymova M.D. -PhD, Assistant Professor, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: msaiymova@zhubanov.edu.kz;

Mauina G.A. - Candidate of Economic Sciences, an associate professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,

Astana, Kazakhstan, e-mail: mauina\_galiya@mail.ru;

Baidalinova A.S. -PhD Atyrau Oil and Gas University named after S. Utebayev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru;

Sagindykova G.M. -candidate of economic sciences, associate professor, K.Kulazhanov kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan, e-mail: gsmaktobe1@mail.ru



## РОЛЬ ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНОГО ПОДХОДА В МОДЕРНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНЫХ ГАРАНТИЙ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>А.М. Курманов, <sup>1</sup>А.Б. Бекмагамбетов, <sup>2</sup>И.Е. Сарыбаева, <sup>1</sup>А.Р. Енсебаева<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>А.Н. Омаркожаева

<sup>1</sup>Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: nel1212@gmail.com

В статье проводится анализ существующей системы социальных гарантий для работников, занятых во вредных и опасных условиях труда в Республике Казахстан. Основное внимание уделено проблемам, связанным с недостаточной эффективностью мер социальной поддержки и ограниченностью традиционных методов компенсации вредных факторов. Рассматривается концепция человекоцентричного подхода, направленного на повышение качества жизни и безопасности работников.

На основе анализа статистических данных и обзора текущего законодательства выявлены ключевые недостатки системы, включая отсутствие индивидуализированного подхода и низкий уровень профилактики профессиональных заболеваний. В работе предлагаются направления модернизации социальных гарантий, такие как усиление профилактических мер, внедрение цифровых технологий для мониторинга здоровья работников и разработка программ реабилитации. Особое внимание уделяется роли человекоцентричного подхода в улучшении условий труда и снижении уровня профессиональных рисков.

В статье предложены рекомендации по переходу к гибкой и ориентированной на человека системе социальной защиты, что, по мнению авторов, позволит создать более безопасные и справедливые условия труда, повысить удовлетворенность работников и снизить уровень производственного травматизма и заболеваний.

**Ключевые слова:** социальные гарантии, человекоцентричный подход, охрана труда, вредные условия труда, профессиональные заболевания, производственный травматизм

## ЗИЯНДЫ ЖАҒДАЙЛАРДА ЖҰМЫСПЫЛАР ҮШІН ӘЛЕУМЕТТІК КЕПІЛДІКТЕРДІ ЖАҒҒЫРТУДАҒЫ АДАМҒА БАҒЫТТАЛҒАН ТӘСІЛДІҢ РӨЛІ

<sup>1</sup>А.М. Курманов, <sup>1</sup>А.Б. Бекмагамбетов, <sup>2</sup>И.Е. Сарыбаева, <sup>1</sup>А.Р. Енсебаева<sup>✉</sup>, <sup>1</sup>А.Н. Омаркожаева

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан,

<sup>2</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,  
e-mail: nel1212@gmail.com

Мақалада Қазақстан Республикасында зиянды және қауіпті еңбек жағдайларында жұмыс істейтін қызметкерлер үшін қолданыстағы әлеуметтік кепілдіктер жүйесіне талдау жүргізіледі. Әлеуметтік қолдау шараларының тиімділігінің жеткіліксіздігіне және зиянды факторларды өтеудің дәстүрлі әдістерінің шектелуіне байланысты проблемаларға басты назар аударылады. Қызметкерлердің өмір сүру сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға бағытталған адамға бағытталған тәсіл тұжырымдамасы қарастырылуда.

Статистикалық деректерді талдау және ағымдағы заңнаманы шолу негізінде жүйенің негізгі кемшіліктері, соның ішінде жекелендірілген тәсілдің болмауы және кәсіптік аурулардың алдын алудың төмен деңгейі анықталды. Жұмыста алдын алу шараларын күшейту, қызметкерлердің денсаулығын мониторингілеу үшін цифрлық технологияларды енгізу және оңалту бағдарламаларын әзірлеу сияқты әлеуметтік кепілдіктерді жаңғырту бағыттары ұсынылады. Еңбек жағдайларын жақсартудағы және кәсіптік тәуекелдер деңгейін төмендетудегі адамға бағытталған тәсілдің рөліне ерекше назар аударылады.

Мақалада икемді және адамға бағытталған әлеуметтік қорғау жүйесіне көшу бойынша ұсыныстар ұсынылған, бұл авторлардың пікірінше, қауіпсіз және әділ еңбек жағдайларын жасауға, қызметкерлердің қанағаттануын арттыруға және өндірістік жарақат пен аурудың деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** әлеуметтік кепілдіктер, адамға бағытталған тәсіл, еңбекті қорғау, зиянды еңбек жағдайлары, кәсіптік аурулар, өндірістік жарақаттану.

## THE ROLE OF A HUMAN-CENTRED APPROACH IN MODERNISING SOCIAL GUARANTEES FOR WORKERS IN HAZARDOUS CONDITIONS

<sup>1</sup>A.M. Kurmanov, <sup>1</sup>A.B. Bekmagambetov, <sup>2</sup>I.E. Sarybaeva, <sup>1</sup>A.R. Yensebayeva , <sup>1</sup>A.N. Omarkozhaeva

<sup>1</sup>Republican Research Institute for labor protection of the Ministry of Labor and social protection of the population of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana,  
e-mail:nel1212kz@gmail.com

The article analyzes the existing system of social guarantees for workers employed in harmful and dangerous working conditions in the Republic of Kazakhstan. The main attention is paid to the problems associated with the insufficient effectiveness of social support measures and the limitations of traditional methods of compensating for harmful factors. The concept of a human-centered approach aimed at improving the quality of life and safety of employees is considered.

Based on the analysis of statistical data and a review of current legislation, key shortcomings of the system have been identified, including the lack of an individualized approach and a low level of prevention of occupational diseases. The paper suggests areas for the modernization of social guarantees, such as strengthening preventive measures, the introduction of digital technologies for monitoring the health of workers and the development of rehabilitation programs. Special attention is paid to the role of the human-centered approach in improving working conditions and reducing occupational risks.

The article offers recommendations on the transition to a flexible and human-oriented social protection system, which, according to the authors, will create safer and fairer working conditions, increase employee satisfaction and reduce the level of occupational injuries and diseases.

**Keywords:** social guarantees, human-centered approach, labor protection, harmful working conditions, occupational diseases, industrial injuries

**Введение.** В современном Казахстане вопросы социальной защиты работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, приобретают первостепенное значение. На фоне экономических и социальных изменений государство и бизнес осознают необходимость не только обеспечения базовых социальных гарантий, но и создания более гибкой и ориентированной на человека системы поддержки. В ответ на этот вызов Концепция развития государственного управления в Республике Казахстан до 2030 года провозглашает переход к сервисной и «человекоцентричной» модели управления, где во главу угла ставятся потребности граждан и их благополучие [1]. Данный подход также отражен в ряде международных стандартов, например, в

Руководстве Международной организации труда по системам управления охраной труда (ILO-OSH 2001) подчеркивается, что безопасность и здоровье работников должны быть приоритетом на всех уровнях трудового процесса, с акцентом на вовлеченность сотрудников в разработку и реализацию мер по снижению профессиональных рисков.

Стандарт ISO 45001:2018 дополняет эту концепцию, вводя понятие вовлеченности работников как центрального элемента системы охраны труда. В документе отмечено, что работодатели обязаны не только минимизировать риски, но и активно привлекать работников к процессу принятия решений о безопасности, создавая условия для их непосредственного участия. Эти

подходы служат основой для разработки человекоцентричных моделей социальной защиты, которые включают как компенсационные меры, так и превентивные инициативы.

Человекоцентричный подход к управлению, особенно актуальный для систем социальных гарантий, означает фокус на личности как на основном объекте и субъекте всех социальных и трудовых процессов. Этот принцип выдвигает на первый план здоровье, безопасность, профессиональное развитие и удовлетворенность каждого сотрудника. Он предполагает не просто выполнение формальных обязательств, но глубокую заботу о благосостоянии работников, особенно тех, кто ежедневно сталкивается с рисками для здоровья и жизни.

В настоящее время понятие «человекоцентричная модель социальных гарантий» не имеет единого общепринятого определения. Однако в ряде научных исследований и работ рассматривается применение человекоцентричных подходов в различных областях, включая управление персоналом, социальные гарантии и модели развития экономики. Например, в статье Гальченко С.А. и др. [2] отмечается, что человекоцентричность является ключевым элементом экономики будущего, фокусируясь на индивидуальных потребностях, развитии человеческого потенциала и гармонизации отношений между технологиями и людьми. В трудах Абдешова Д.Д. и коллег [3] выделяются особенности человекоцентричного управления человеческими ресурсами, в основе которого лежит гуманизация труда и создание условий для раскрытия интеллектуального и психологического потенциала работников. Аналогичные подходы подчеркиваются в исследованиях, посвященных корпоративным моделям, где человекоцентричность способствует повышению удовлетворенности и вовлеченности сотрудников, что, в свою очередь, повышает эффективность работы организаций.

Традиционные методы социальной защиты, применяемые в Казахстане, включают:

- дополнительные выплаты за работу во вредных условиях;
- сокращенное рабочее время для работников на

опасных производствах;

- дополнительные отпуска для восстановления здоровья;
- обеспечение лечебно-профилактическим питанием для снижения воздействия вредных факторов.

Эти меры, хотя и доказали свою эффективность в прошлом, требуют обновления в контексте современных вызовов и необходимости внедрения человекоцентричных подходов. Например, в концепции управления человеческими ресурсами акцент смещается с компенсации ущерба на профилактику профессиональных заболеваний и создание безопасной среды труда.

Человекоцентричная модель социальных гарантий предлагает революционное переосмысление подхода к социальной защите. Она призвана интегрировать принцип заботы о человеке в каждый элемент системы социальной поддержки. Такой подход ориентируется на создание устойчивых условий труда, снижение профессиональных рисков и заботу о здоровье работников, а также на вовлечение самих сотрудников в процесс формирования системы социальной защиты. Внедрение подобной модели требует активного взаимодействия государственных институтов и бизнеса, что соответствует цели повышения благосостояния граждан, определенной в Концепции развития государственного управления.

Целью исследования является анализ текущей системы социальных гарантий для работников, занятых во вредных и опасных условиях труда в Республике Казахстан, и выявление возможностей её модернизации с использованием принципов человекоцентричного подхода. Исследование направлено на оценку эффективности существующих мер социальной поддержки, выявление их недостатков и разработку предложений по внедрению решений, ориентированных на улучшение условий труда и повышение качества жизни работников.

Гипотеза исследования состоит в том, что внедрение человекоцентричного подхода в систему социальных гарантий позволит повысить уровень безопасности труда и снизить профессиональные риски за счет более гибкого и инди-

видуализированного подхода к поддержке работников. Предполагается, что адаптация социальных мер к реальным потребностям сотрудников приведет к снижению уровня травматизма и профессиональных заболеваний, а также повысит удовлетворенность трудом и мотивацию работников.

Таким образом, в данной статье будет рассмотрена возможность перехода от стандартной модели социальной защиты к человекоцентричной системе, ориентированной на индивидуальные потребности работников и улучшение их благополучия.

**Обзор литературы.** В основе данного исследования лежат теоретические положения и практический опыт, направленные на развитие концепции человекоцентричности в различных отраслях экономики. Вопросам охраны труда и социальной защиты работников, занятых во вредных и опасных условиях, посвящены многочисленные научные труды и исследования как отечественных, так и международных экспертов.

В Казахстане вопросы охраны труда занимают центральное место в государственной политике, особенно в контексте перехода к человекоцентричной модели управления, ориентированной на повышение качества жизни и здоровья работников. Министерством труда и социальной защиты населения Республики Казахстан систематически разрабатывается «Национальный обзор по охране труда» [4]. Кроме того, значительный вклад в исследование вопросов охраны труда и социальных гарантий вносят работы отечественных ученых, таких как Ш.К. Абикеновой, А.П. Коваль, Л.М. Шаяхметовой, Г.А. Еселхановой и Ж.Х. Есбенбетовой [5-6], Д.М. Турекуловой, Б.Т. Череевой и Е.С. Петренко [7], А.Б. Бекмагамбетова [8] и других исследователей. Научные труды подчеркивают необходимость комплексного подхода к охране труда, включающего не только меры по предотвращению травматизма, но и системы реабилитации и поддержки работников. В совокупности эти исследования формируют основу для дальнейшего развития человекоцентричной модели социальных гарантий, ориентированной на улучшение условий труда и повыше-

ние качества жизни работников в Казахстане.

В настоящее время понятие человекоцентричности внедряется в различные научные исследования, охватывая широкий спектр сфер деятельности человека. В контексте охраны труда вопросы человекоцентричности рассматриваются в международных стандартах, таких как ILO-OSH 2001 (Руководство Международной организации труда по системам управления охраной труда) [9]. Эти стандарты акцентируют внимание на необходимости создания безопасной и здоровой рабочей среды, ориентированной на потребности и благополучие работников. В них подчеркивается важность вовлечения сотрудников в процессы оценки рисков и разработки мер безопасности, что соответствует принципам человекоцентричного подхода. Также в рамках ISO 45001:2018 (Система менеджмента охраны труда и безопасности) [10] вводится концепция вовлеченности работников, где акцент делается на активное участие сотрудников в вопросах безопасности и охраны труда. В стандарте указано, что работники должны не только следовать инструкциям, но и принимать участие в их разработке, что способствует созданию более безопасной рабочей среды и повышению уровня доверия между работниками и работодателями. Эти международные стандарты показывают, что человекоцентричный подход становится ключевым элементом современной системы охраны труда, ориентированной на защиту здоровья и улучшение условий труда для каждого работника.

В исследованиях Сергуниной Н.А. отмечено, что человек должен получать удовольствие от процесса труда, созидать с желанием и творчески, стремиться к развитию и познанию, ведь человек работает для человека [11]. В ряде работ, посвященных применению принципов человекоцентричности в организациях, отмечается положительное влияние внедрения подхода не только на качественные и количественные индикаторы деятельности организации, но и на формирование устойчивой корпоративной атмосферы, в которой важным аспектом является благополучие и профессиональное самосовершенствование сотрудников [12-14].



**Материалы и методы.** Для раскрытия проблемы использован сравнительно-аналитический метод, что позволило провести параллели между существующими системами социальной защиты в Казахстане и человекоцентричными подходами, активно применяемыми в странах с развитой экономикой и высокими стандартами социального обеспечения. Такой анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны действующих систем социальных гарантий и оценить потенциал их модернизации с акцентом на потребности работников во вредных условиях труда.

Кроме того, в исследовании применялись методы контент-анализа и изучения статистических данных, полученных из официальных источников и научных публикаций. Были изучены основные показатели здоровья работников вредных производств, данные о продолжительности их трудовой активности и востребованности социальной поддержки. Эмпирической базой исследования послужили данные, собранные в рамках отраслевых обзоров и научных трудов отечественных и международных экспертов, что позволило получить комплексное представление о проблемах и возможностях внедрения человекоцентричных социальных гарантий.

Таким образом, данное исследование опирается на междисциплинарный подход, который

включает элементы социальной политики, экономики труда и корпоративного управления.

**Результаты и обсуждение.** В Республике Казахстан осуществляется комплексный подход к регулированию трудовых отношений и предоставлению социальных гарантий для работников, занятых на тяжелых и опасных работах. В условиях современной экономики, где значительное количество рабочих мест связано с потенциально опасными производственными процессами, понимание и минимизация вредных факторов является ключевым аспектом не только социальной политики, но и ориентированной на человека системы государственного управления.

Важность человекоцентричного подхода в современных условиях обусловлена необходимостью повышения безопасности и качества жизни работников, особенно тех, кто трудится в опасных и вредных условиях. Этот подход ставит во главу угла здоровье и благополучие человека, создавая условия, при которых профилактика и минимизация производственных рисков становятся приоритетом. Как показывает статистика, за последние пять лет наблюдается устойчивый рост числа пострадавших и погибших при несчастных случаях на производстве, что подчеркивает острую необходимость перемен.



**Рис. 1 - Динамика числа пострадавших и погибших при НСТ, чел.**

*Примечание – составлено авторами на основании статистических данных [15]*



Количество погибших в результате несчастных случаев, связанных с трудовой деятельностью в 2023 году составило 246 человек, 2019 году этот показатель был равен 190 человек, рост составил 29,5%. Наблюдается значительный рост числа пострадавших за последние пять лет. Если в 2019 году количество пострадавших составляло 2111 человек, то в 2023 году оно достигло 2670 человек, что соответствует росту на 26,5%. Это указывает на увеличение частоты или тяжести несчастных случаев на производстве. Иско людей с выявленными профессиональными заболеваниями также возросло, увеличившись с 251 случая в 2019 году до 662 случаев в 2023 году. Это увеличение в 1,6 раза свидетельствует о неблагоприятных условиях труда, которые могут требовать дополнительных мер профилактики и реабилитации (рисунок 1).

Рисунок 1 показывает рост всех трех показателей - пострадавших, профессиональной заболеваемости и погибших - указывает на ухудшение условий труда или недостаточность мер, направленных на их улучшение. Увеличение профессиональной заболеваемости особенно подчеркивает важность профилактики и улучшения медицинского обслуживания для работников во вредных условиях. Эти данные подчеркивают необходимость внедрения человекоцентричного подхода, при котором государство и работодатели будут стремиться не только к компенсации последствий, но и к активной профилактике профессиональных рисков. Человекоцентричный подход может включать регулярные медицинские осмотры, улучшение условий труда и систематическую оценку рабочих процессов для минимизации профессиональных заболеваний и несчастных случаев.

Распределение производственных травм и смертности среди различных профессиональных групп подчеркивает необходимость целенаправленных мер по обеспечению безопасности труда и социальной защиты, учитывающих специфику каждого вида деятельности. В условиях, когда одни категории работников сталкиваются с гораздо более высокими уровнями риска, чем другие, важно формировать человекоцентрич-

ную систему социальных гарантий, способную гибко реагировать на потребности каждой группы. Такой подход не только позволяет минимизировать последствия несчастных случаев, но и направлен на создание устойчивых и безопасных условий труда, особенно для тех категорий, где профессиональные риски наиболее высоки.

Вышесказанное подтверждается данными, представленными на рисунке 2, где отражено распределение числа пострадавших и погибших по профессиональным группам. Эти данные демонстрируют существенные различия в уровне травматизма и смертности в зависимости от сферы деятельности, подчеркивая необходимость дифференцированного подхода к вопросам безопасности и социальных гарантий. Человек, работающий в условиях повышенного риска, требует особой поддержки и защиты, что делает человекоцентричный подход особенно актуальным в контексте снижения профессиональных рисков и повышения качества условий труда.

Принцип человекоцентричности подразумевает ориентацию на человека как на центральное звено всех процессов и систем [16]. Человек в центре системы управления — это не просто лозунг, а комплексный подход, который предполагает обеспечение здоровья, безопасности, удовлетворенности и социальной защищенности работников. В этом контексте социальные гарантии выступают важнейшим элементом человекоцентричной модели, так как они непосредственно направлены на поддержание качества жизни и благополучия человека. Социальные гарантии включают не только выплаты и компенсации, но также меры по охране здоровья, реабилитации, профессиональной поддержке и развитию, что позволяет работникам чувствовать себя более защищенными и уверенными в стабильности своего положения.

В Казахстане принимаются последовательные меры по продвижению принципов концепции достойного труда путем совершенствования национального законодательства, в том числе путем внедрения в него международных норм. Так, в 2023 году в Казахстане был принят новый

Социальный кодекс, в рамках которого были пересмотрены подходы к социальной защите населения, внесены изменения и дополнения в

Трудовой кодекс, направленные на укрепление социального диалога и институционального потенциала социальных партнеров и др.



**Рис. 2 - Анализ числа пострадавших и погибших при НСТ по роду деятельности (в среднем за 2019–2023 гг.), чел.**

*Примечание – составлено авторами на основании статистических данных [15]*

Реализация принципов Достойного труда закреплена в Генеральном соглашении на 2024-2026 годы, подписанном в марте 2024 года между Правительством РК, республиканскими объединениями профсоюзов и республиканскими объединениями работодателей. В рамках Генерального соглашения социальные партнеры приняли совместные обязательства, направленные на создание качественных рабочих мест, предусматривающих безопасные условия труда, достойную оплату, социальные гарантии, доступ к обучению и повышению квалификации и т.д.

Система социальных гарантий и компенсаций для работников во вредных условиях в Республике Казахстан направлена на комплексную поддержку: от финансовых доплат и дополнительного отдыха до специальных мер в виде

лечебного питания и сокращенного рабочего времени. Эта структура свидетельствует о человекоцентричном подходе к защите здоровья работников, так как охватывает как финансовые, так и профилактические меры для минимизации негативного воздействия неблагоприятных условий труда (рисунок 3).

Однако, несмотря на комплексность структуры компенсаций за работу во вредных условиях в Казахстане, практика показывает, что в ряде других стран к подобным мерам применяются еще более углубленные и специализированные подходы, ориентированные на долгосрочное здоровье работников и более высокий уровень социальной защиты.

В современных условиях экономика требует пересмотра роли государства в системе управ-

ления охраной труда. Государство сохраняет функцию гаранта прав работников на труд в безопасных и гигиеничных условиях, что закрепляется соответствующей нормативно-правовой базой. При этом формирование безопасных усло-

вий труда остается задачей самих предприятий. Основные решения в этой сфере принимаются руководством компаний, а мотивация предприятий чаще всего носит экономический характер.



**Рис. 3 – Структура компенсаций за работу во вредных и других неблагоприятных условиях труда**  
Примечание – составлено авторами на основании статистических данных [15]

Анализ структуры экономических затрат предприятий позволяет глубже понять их поведение и выработать правила, способные эффективно влиять на процесс принятия решений. Одним из индикаторов, отражающих затраты, являются материальные последствия несчастных случаев на производстве (МП-НСТ), которые представлены в денежном выражении и включают:

- суммы, выплаченные по листку нетрудоспособности;
- суммы доплат до прежнего заработка при переводе на другую работу;
- суммы единовременных пособий.

Данный показатель анализируется в разрезе видов экономической деятельности и регионов Республики Казахстан. Динамика МП-НСТ за 2014–2023 годы демонстрирует ежегодный рост, несмотря на снижение числа несчастных случаев. Особенно заметный скачок наблюдается в 2022 году, когда показатель увеличился более чем в два раза, достигнув 4,1 млрд тенге, а в 2023 году вырос еще на 98%, составив 8,1 млрд тенге. Такой рост может быть связан с увеличением уровня

заработных плат, пересмотром сумм компенсаций и увеличением расходов на единовременные выплаты.

Данные, представленные в таблице 1, показывают структуру МП-НСТ за 2020–2023 годы.

Из представленных данных следует, что основная доля затрат приходится на единовременные пособия, которые за 2023 год составили 62,3% от общей суммы. Выплаты по листку нетрудоспособности варьируются от 36,3% до 45,9%, тогда как доплаты до прежнего заработка занимают менее 2%. Прирост показателей за последние три года демонстрирует их нестабильность. Так, за период с 2021 по 2023 годы выплаты по листкам нетрудоспособности выросли на 60% и 58% ежегодно, а доплаты при переводе на другую работу увеличились на 145% и 394% соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости пересмотра существующих подходов к управлению охраной труда. Основной акцент должен быть сделан на внедрение человекоцентричных подходов, которые предполагают

приоритетное внимание к потребностям работников, их здоровью и благополучию. Профилактические меры, такие как улучшение условий труда, регулярные медицинские осмотры и программы по обучению безопасному поведению, должны стать неотъемлемой частью системы

управления. Такой подход не только способствует снижению травматизма и связанных с ним затрат, но и повышает удовлетворенность работников, их вовлеченность и лояльность, что в долгосрочной перспективе положительно сказывается на эффективности предприятий.

**Таб. 1 – Структура материальных последствий несчастных случаев на производстве**

Год	Материальные последствия НСТ, всего (тыс. тенге)	Выплаты по листку нетрудоспособности	Доплаты до прежнего заработка	Единовременные пособия
2020	1 971 764	45,90%	0,30%	53,80%
2021	2 636 723	44,10%	0,40%	55,50%
2022	4 106 739	45,40%	0,60%	54,00%
2023	8 134 962	36,30%	1,40%	62,30%

*Примечание – составлено авторами на основании статистических данных [15]*

Так, например, в Германии система компенсаций для работников, занятых во вредных условиях труда, включает не только дополнительные отпуска и доплаты, но и обязательное предоставление медицинской страховки, покрывающей специализированное обследование и лечение профессиональных заболеваний. Более того, немецкие компании обязаны проводить регулярные тренинги по охране труда и безопасности, что способствует снижению производственного травматизма и повышению осведомленности сотрудников о возможных рисках.

В Норвегии, которая известна своим высоким уровнем социальной защиты, работники, занятые на опасных производствах, получают компенсации в виде пенсионных льгот, позволяющих им выходить на пенсию раньше. Также в Норвегии активно развиваются программы профилактической медицины, включающие бесплатное санаторно-курортное лечение для сотрудников, подверженных воздействию вредных факторов на рабочем месте. Такие программы позволяют минимизировать долгосрочные последствия для здоровья работников и способствуют продлению их трудовой активности.

В Японии для работников, занятых во вредных условиях, помимо стандартных компенсаций, предоставляются уникальные программы

психологической поддержки, так как в японской культуре работа на опасных производствах часто сопряжена с высоким уровнем стресса. Работники имеют доступ к бесплатным консультациям психологов и специальным программам снижения стресса, что помогает снизить не только физическую, но и психоэмоциональную нагрузку на них.

Международной организации труда (МОТ) подчеркивается, что инвестиции в улучшение условий труда и здоровья работников окупаются за счет сокращения числа несчастных случаев и связанных с ними затрат. Так, согласно данным МОТ, каждое вложенное в охрану труда евро возвращает от 2 до 5 евро за счет снижения производственных рисков и повышения эффективности работы. Примером успешного внедрения таких мер является опыт стран Европейского Союза. В Швеции реализация профилактических программ позволила сократить производственный травматизм на 25% за последние 10 лет. Аналогичные результаты достигнуты в Германии, где внедрение программ по реабилитации работников, пострадавших на производстве, позволило снизить общие затраты работодателей на компенсации и выплаты на 30%.

Кроме того, данные исследования, проведенного в Великобритании, показывают, что ин-



вестиции в программы обучения работников вопросам безопасности труда снизили уровень травматизма на 40% за пять лет. Эти меры включали регулярные тренинги, улучшение условий труда и предоставление дополнительных социальных льгот.

Примеры из международной практики свидетельствуют, что ключевыми факторами эффективности являются:

- акцент на профилактические меры;
- вовлечение работников в разработку и реализацию программ охраны труда;
- регулярный мониторинг и анализ показателей состояния здоровья сотрудников.

Таким образом, международный опыт подтверждает, что человекоцентричный подход к социальной защите работников является не только этически оправданным, но и экономически целесообразным.

**Выводы.** Внедрение человекоцентричного подхода в систему социальных гарантий для работников, занятых на опасных и вредных производствах, предполагает переход от стандартного набора компенсационных мер к более комплексной и гибкой системе поддержки, ориентированной на потребности человека. Это требует пересмотра и адаптации текущих мер социальной защиты, которые должны включать не только компенсации за вредные условия, но и превентивные и реабилитационные меры, способствующие улучшению здоровья и снижению профессиональных рисков.

*1. Усиление профилактических мер и охрана здоровья.*

Один из ключевых аспектов человекоцентричного подхода — акцент на профилактике профессиональных заболеваний и защите здоровья работников. Для этого необходимо:

- регулярные углубленные медицинские осмотры. Медицинские обследования работников, занятых во вредных условиях, должны проводиться чаще и включать более широкий спектр анализов и диагностических мероприятий для своевременного выявления профессиональных заболеваний;
- профилактические и оздоровительные програм-

мы. Государство и работодатели могут инвестировать в программы профилактики, которые позволят снизить воздействие вредных факторов на здоровье работников. Это может включать регулярное санаторно-курортное лечение и физическую реабилитацию;

- программы психологической поддержки. Вредные условия труда зачастую сопровождаются высоким уровнем стресса, что может оказывать негативное влияние на психическое здоровье работников. Важно развивать программы психологической поддержки, которые помогут минимизировать стресс и улучшить общее состояние работников.

*2. Индивидуализированные компенсационные и реабилитационные пакеты.*

Человекоцентричный подход требует адаптации социальной защиты к индивидуальным потребностям работников. Для этого могут быть внедрены следующие меры:

- индивидуальные компенсационные пакеты. Для каждого работника необходимо разрабатывать адаптированные пакеты социальной поддержки. Это может включать дополнительное страхование, покрытие затрат на медицинские услуги, поддержку в лечении хронических заболеваний, связанных с условиями труда;
- реабилитационные программы. Работникам, которые пострадали на производстве или приобрели профессиональные заболевания, должны предоставляться широкие возможности для реабилитации, включая поддержку в восстановлении после травм и болезней, связанных с производством.

*3. Участие работников в принятии решений о социальных гарантиях*

Эффективное внедрение человекоцентричного подхода требует учета мнения самих работников при формировании социальной политики. Это можно реализовать через:

- создание консультативных советов или комитетов по охране труда. Работники, занятые во вредных условиях, могут активно участвовать в обсуждении мер безопасности и социальной поддержки. Это обеспечит, чтобы принятые ре-



шения реально отвечали потребностям тех, кто находится в зоне риска;

- регулярное проведение опросов и сбор обратной связи. Это поможет понять, насколько эффективно работают текущие социальные гарантии и какие улучшения требуются с точки зрения самих сотрудников.

*4. Улучшение условий труда через инновации и модернизацию оборудования.*

Для снижения уровня травматизма и профессиональной заболеваемости необходимо внедрять инновационные технологии и модернизировать оборудование. Это может включать:

- автоматизацию и роботизацию процессов. Во многих случаях внедрение автоматизированных систем может снизить необходимость участия ра-

ботников в наиболее опасных производственных процессах;

обновление оборудования и обеспечение дополнительными средствами защиты. Устаревшее оборудование часто является причиной травм и профессиональных заболеваний. Внедрение современного, более безопасного оборудования — одна из ключевых мер человекоцентричного подхода.

**Финансирование.** В статье представлены результаты исследования, полученные в ходе реализации научно-технической программы «Трансформация государственного механизма социальных гарантий в отношении лиц, занятых во вредных условиях труда, в современных условиях» (ИРН BR22182673).

## Литература

1. Концепция развития государственного управления в Республике Казахстан до 2030 года - <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2100000522>
2. Гальченко С.А., Сезонова О.Н., Ходыревская В.Н., Трубникова В.В., Рюмшин А.В. Человекоцентричность – необходимое условие экономики будущего // *Лидерство и менеджмент.* -2022.- Том 9.- № 2.- С. 309-322. DOI 10.18334/lim.9.2.114587.
3. Абдешов Д.Д., Косумбаева Ш.И., Салкынбаева Ф.Д. Человекоцентричная модель управления человеческими ресурсами. *Вестник науки.* 2024. №5 (74). С. 37–40.
4. Министерство труда и социальной защиты населения Республики Казахстан. (2022). *Охрана труда в Республике Казахстан: Национальный обзор.* Астана: Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда, 2022.-146 стр. <https://www.kazenergy.com>
5. Ш.К. Абикенова, А.П. Коваль, Л.М. Шаяхметова, А.Б. Бекмагамбетов, Ш.Т. Айтимова Современные условия труда, уровень производственного травматизма на основе данных национальной статистики и других источников информации: ЗН РК. «Вестник НАН РК», 403(3), 281–297. DOI 10.32014/2023.2518-1467.509
6. Ш.К. Абикенова, Г. А. Еселханова, Ж. Х. Есбенбетова Доплата за вредные условия труда//*Охрана здоровья и окружающей среды.* – 2016.-№ 9 - <https://e.otruda.mcfr.kz/496017>
7. Д.М. Турекулова, Б.Т. Череева, Е.С. Петренко Совершенствование организации охраны и безопасности труда на производстве//*Экономическая серия Вестника ЕНУ им. Л.Н. Гумилева.*- 2023.- №.-С. 77 -85 DOI: <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2023-2-77-85>
8. А.Б. Бекмагамбетов Право на безопасные условия труда в Республике Казахстан: совершенствование экономико-правового механизма// *Вестник ЮУрГУ. Серия «Право».*- 2022.- Т. -22.- № 3.- С. 55– 60. DOI: 10.14529/law220308
9. International Labour Organization (ILO). (2001). *Guidelines on occupational safety and health management systems (ILO-OSH 2001).* Geneva: ILO. <https://www.ilo.org>
10. International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use.* Geneva: ISO. <https://www.iso.org/standard/63787.html>

11. Сергунина Н.А., Быкова Н. Москва: умные решения для качества жизни. Стандарты и качество. – 2021.- № 10. - С. 84–87. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46943543>
12. Жагловская А.В. Концепция человекоцентричных предприятий в отраслевой экономике: имущественный аспект//Вестник Евразийской науки.- 2023.- Т. 15( 6).- С.1-9  
URL: <https://esj.today/PDF/67ECVN623.pdf>
13. Жагловская, А.В. Концепция человекоцентричных предприятий в отраслевой экономике: имущественный аспект / А. В. Жагловская // Вестник евразийской науки.- 2023.- Т.15. - № 6.  
URL:<https://esj.today/PDF/67ECVN623.pdf>
14. Насырова С.И. Межкомпонентные отношения в экономике, ориентированной на человека (часть первая) // Экономика и управление. - 2021.-№ 8(190).- С. 612-621.DOI 10.35854/1998–1627–2021–8-612–621.
15. О травматизме, связанном с трудовой деятельностью, и профессиональных заболеваниях в Республике Казахстан за 2021 год - <https://stat.gov.kz>
16. Искендирирова, С., Дауешова, А., & Амирова, А. . (2024). Экосистемный, цифровой и человекоцентричный подход на государственной службе: международный опыт и возможности для Казахстана. Государственное управление и государственная служба.- 2024.-№ 3(90).-С. 150-159. <https://doi.org/10.52123/1994-2370-2024-1317>

### References

1. Концепция развития государственного управления в Республике Казахстан до 2030 года - <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2100000522>. [in Russian]
2. Abdeshov D.D., Kosumbaeva Sh.I., Salkynbaeva F.D. Chelovekocentrichnaya model upravleniya chelovecheskimi resursami. Vestnik nauki. 2024. №5 (74). S. 37–40. [in Russian]
3. Gal'chenko S.A., Sezonova O.N., Hodyrevskaja V.N., Trubnikova V.V., Rjumshin A.V. Chelovekocentrichnost' – neobhodimoe uslovie jekonomiki budushhego // Liderstvo i menedzhment. - 2022.- Том 9.- № 2.- С. 309-322. DOI 10.18334/lim.9.2.114587. [in Russian]
4. Ministerstvo truda i social'noj zashhity naselenija Respubliki Kazahstan. (2022). Ohrana truda v Respublike Kazahstan: Nacional'nyj obzor. Astana: Respublikanskij nauchno-issledovatel'skij institut po ohrane truda, <https://www.kazenergy.com> 2022.-146 str. [in Russian]
5. Sh.K. Abikenova, A.P. Koval', L.M. Shajahmetova, A.B. Bekmagambetov, Sh.T. Ajtimova Sovremennye usloviya truda, uroven' proizvodstvennogo travmatizma na osnove dannyh nacional'noj statistiki i drugih istochnikov informacii: ZN RK. «Vestnik NAN RK», 403(3), 281–297. DOI 10.32014/2023.2518-1467.509 [in Russian]
6. Sh.K. Abikenova, G. A. Eselhanova, Zh. H. Esbenbetova Doplata za vrednye usloviya truda//Ohrana zdorov'ja i okruzhajushhej sredy. – 2016.-№ 9 - <https://e.otruda.mcfr.kz/496017>[in Russian]
7. D.M. Turekulova, B.T. Chereeva, E.S. Petrenko Sovershenstvovanie organizacii ohrany i bezopasnosti truda na proizvodstve//Jekonomicheskaja serija Vestnika ENU im. L.N. Gumileva.- 2023.- №.-С. 77 -85 DOI: <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2023-2-77-85> [in Russian]
8. A.B. Bekmagambetov Pravo na bezopasnye usloviya truda v Respublike Kazahstan: sovershenstvovanie jekonomiko-pravovogo mehanizma// Vestnik JuUrGU. Serija «Pravo».- 2022.- Т. -22.- № 3.- С. 55– 60. DOI: 10.14529/law220308. [in Russian]
9. International Labour Organization (ILO). (2001). Guidelines on occupational safety and health management systems (ILO-OSH 2001). Geneva: ILO.<https://www.ilo.org>
10. International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. Geneva: ISO. <https://www.iso.org/standard/63787.html>

11. Sergunina N.A., Bykova N. Moskva: umnye reshenija dlja kachestva zhizni. Standarty i kachestvo. – 2021.- № 10. - S. 84–87. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46943543> [in Russian]
12. Zhaglovskaja A.V. Konceptija chelovekocentrichnyh predpriyatij v otraslevoj jekonomike: imushhestvennyj aspekt//Vestnik Evrazijskoj nauki.- 2023.- T. 15( 6).- S.1-9. URL: <https://esj.today/PDF/67ECVN623.pdf>. [in Russian]
13. Zhaglovskaja, A.V. Konceptija chelovekocentrichnyh predpriyatij v otraslevoj jekonomike: imushhestvennyjaspekt / A. V. Zhaglovskaja // Vestnik evrazijskoj nauki.- 2023.- -T.15. - № 6. URL:<https://esj.today/PDF/67ECVN623.pdf>. [in Russian]
14. Nasyrova S.I. Mezhhkomponentnye otnosheniya v jekonomike, orientirovannoj na cheloveka (chast' pervaja) // Jekonomika i upravlenie. - 2021.-№ 8(190).- S. 612-621.DOI 10.35854/1998–1627–2021–8–612–621. [in Russian]
15. O travmatizme, svjazannom s trudovoj dejatel' nost' ju, i professional' nyh zabolevanijah v Respublike Kazahstan za 2021 god - <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/stat-medicine/publications/3965/> [in Russian]
16. Iskendiroya, S., Daueshova, A., & Amirova, A. . (2024). Jekosistemnyj, cifrovoy i chelovekocentrichnyj podhod na gosudarstvennoj sluzhbe: mezhdunarodnyj opyt i vozmozhnosti dlja Kazahstana. Gosudarstvennoe upravlenie i gosudarstvennaja sluzhba.- 2024.-№ 3(90).-S. 150-159. <https://doi.org/10.52123/1994-2370-2024-1317> [in Russian]

***Сведения об авторах***

Курманов А.М.- к.э.н., генеральный директор «Республиканского научно-исследовательского института охраны труда и здоровья Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: [rniiot@rniiot.kz](mailto:rniiot@rniiot.kz);

Бекмагамбетов А.Б - к.ю.н., ассоциированный профессор, заместитель генерального директора Республиканского научно-исследовательского института по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики, Астана, Казахстан, e-mail: [adilet1979@mail.ru](mailto:adilet1979@mail.ru);

Сарыбаева И.Е. - докторант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: [inarasaribaeva@gmail.com](mailto:inarasaribaeva@gmail.com);

Енсебаева А.Р. - к.ю.н., руководитель отдела социально-правовых исследований «Республиканского научно-исследовательского института охраны труда и здоровья Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: [nel1212kz@gmail.com](mailto:nel1212kz@gmail.com);

Омаркожаева А.Н. - к.э.н., доцент, ведущий научный работник Проекта, Астана, Казахстан, e-mail: [asya\\_7510@mail.ru](mailto:asya_7510@mail.ru)

***Information about the authors***

Kurmanov A.M. - Candidate of Economic Sciences, General Director, 'Republican Research Institute of Labour Protection and Health of the Ministry of Labour and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan' (Astana, Kazakhstan), e-mail: [rniiot@rniiot.kz](mailto:rniiot@rniiot.kz);

Bekmagambetov A.B. - Candidate of Law, Associate Professor, Deputy Director General of the Republican Research Institute of Labour Protection and Health of the Ministry of Labour and Social Protection of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan, e-mail: [adilet1979@mail.ru](mailto:adilet1979@mail.ru);

Sarybaeva I.E. - doctoral student, L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: [inarasaribaeva@gmail.com](mailto:inarasaribaeva@gmail.com);

Yensebayeva A.R. - Candidate of Law, Head of the Department of Social and Legal Research 'Republican Research Institute of Labour Protection and Health of the Ministry of Labour and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan', Astana, Kazakhstan, e-mail: [nel1212kz@gmail.com](mailto:nel1212kz@gmail.com);

Omarkozhaeva A.N. - Candidate of e-mail: Economic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Project, Astana, Kazakhstan, e-mail: [asya\\_7510@mail.ru](mailto:asya_7510@mail.ru).

**КЭСПОРЫНДАРДАҒЫ БАСҚАРУ ЕСЕБІ МЕН БАҚЫЛАУ ӘДІСТЕМЕСІН ДАМЫТУ****<sup>1</sup>Т.Б.Мукушев <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Б.А.Жуматаева, <sup>1</sup>Б.С. Сапарова, <sup>3</sup>М.А.Алтынбеков, <sup>2</sup>К.Д. Кожабергенова**<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан,<sup>2</sup>Қ.Құлажанова атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,<sup>3</sup>«ESIL University» Мекемесі, Астана, Қазақстан<sup>✉</sup>Корреспондент-автор: tolegen1986@mail.ru

Бұл зерттеудің мақсаты коммерциялық ұйымдардағы басқарушылық есеп пен бақылаудың әдістемесін әзірлеу болып табылады. Зерттеу жұмысында басқарушылық есептің заманауи тәсілдері зерттеледі, қолданыстағы бақылау әдістері мен олардың нарықтық экономикадағы тиімділігі талданады. Әдістеме әдеби дереккөздерді жан-жақты талдауды, әртүрлі коммерциялық ұйымдардың менеджерлерімен сауалнамалар мен сұхбаттар түріндегі эмпирикалық зерттеулерді, сондай-ақ деректерді өңдеудің статистикалық әдістерін қолдануды қамтиды. Зерттеудің негізгі нәтижелері тиімді басқарушылық есеп пен бақылау бухгалтерлік есепті автоматтандыру жүйелері және деректерді талдау сияқты инновациялық технологияларды біріктіруді талап ететінін көрсетеді. Заманауи ақпараттық жүйелерді пайдалану бухгалтерлік есептің ашықтығы мен дәлдігін айтарлықтай арттыратыны анықталды, бұл өз кезегінде негізделген басқару шешімдерін қабылдауды жеңілдетеді. Зерттеу сонымен қатар жүйелі аудиттер мен ішкі шолуларды қоса алғанда, кешенді ішкі бақылау тәсілдерін енгізу тәуекелдерді азайтуға және ұйымның қаржылық тұрақтылығын жақсартуға көмектесетінін көрсетеді. Нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы оларды коммерциялық ұйымдарда ресурстарды басқаруды жақсарту, шығындарды оңтайландыру және бизнестің жалпы тиімділігін арттыру үшін қолдану мүмкіндігінде жатыр. Әзірленген әдістеме әртүрлі салалардың ерекшеліктеріне бейімделген неғұрлым жетілдірілген басқарушылық есеп пен бақылау жүйелерін құруға негіз бола алады. Осылайша, бұл зерттеу коммерциялық ұйымдардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға көмектесетін жаңа тәсілдер мен құралдарды ұсына отырып, басқарушылық есептің теориясы мен тәжірибесін дамытуға елеулі үлес қосады.

**Түйін сөздер:** басқару есебі, бақылау, қаржылы есеп, есептілік, бизнес, ақпарат, бизнес процес, стратегиялық тәсіл, операция, жоба.

**РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА И КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ****<sup>1</sup>Т.Б.Мукушев <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Б.А.Жуматаева, <sup>1</sup>Б.С. Сапарова, <sup>3</sup>М.А.Алтынбеков, <sup>2</sup>К.Д. Кожабергенова**<sup>1</sup>Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилев, Астана, Казахстан,<sup>2</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан,<sup>3</sup>Esil University, Астана, Казахстан,

e-mail: tolegen1986@mail.ru

Целью данного исследования является разработка методологии управленческого учета и контроля в коммерческих организациях. В исследовательской работе изучаются современные методы управленческого учета, анализируются существующие методы контроля и их эффективность в условиях рыночной экономики. Методика включает комплексный анализ литературных источников, эмпирические исследования в форме опросов и интервью с руководителями различных коммерческих организаций, а также использование методов статистической обработки данных. Основные результаты исследования показывают, что эффективный управленческий учет и контроль требуют интеграции инновационных технологий, таких как системы автоматизации учета и анализа данных. Установлено, что использование современных информационных систем существенно повышает прозрачность и точность бухгалтерского учета, что, в свою очередь, способствует принятию обоснованных управленческих решений. Исследование также показывает, что внедрение комплексного подхода к внутреннему контролю, включая регулярные аудиты и внутренние проверки, может помочь снизить риски и

улучшить финансовую стабильность организации. Практическая значимость результатов заключается в возможности их применения в коммерческих организациях для улучшения управления ресурсами, оптимизации затрат и повышения общей эффективности бизнеса. Разработанная методология может служить основой для создания более совершенных систем управленческого учета и контроля, адаптированных к специфике различных отраслей промышленности. Таким образом, данное исследование вносит существенный вклад в развитие теории и практики управленческого учета, предлагая новые подходы и инструменты, способствующие повышению конкурентоспособности коммерческих организаций.

**Ключевые слова:** управленческий учет, контроль, финансовый учет, отчетность, бизнес, информация, бизнес процесс, стратегический подход, операция, проект.

#### DEVELOPMENT OF METHODOLOGY OF MANAGEMENT ACCOUNTING AND CONTROL AT ENTERPRISES

<sup>1</sup>T.B.Mukushev , <sup>2</sup>B.A.Zhumatayeva, <sup>1</sup>B.S.Saparova, <sup>3</sup>M.A.Altynbekov, <sup>2</sup>K. Kozhabergenova

<sup>1</sup>Eurasian National University. L.N.Gumilyov, Astana, Kazakhstan,

<sup>2</sup>K.Kulazhanov Kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Esil University, Astana, Kazakhstan,  
e-mail: tolegen1986@mail.ru

The purpose of this study is to develop the methodology of management accounting and control in commercial organizations. Modern methods of management accounting are studied in the research work, existing control methods and their effectiveness in the market economy are analyzed. The methodology includes a comprehensive analysis of literary sources, empirical research in the form of surveys and interviews with managers of various commercial organizations, as well as the use of statistical data processing methods. The main findings of the study show that effective management accounting and control require the integration of innovative technologies such as accounting automation systems and data analysis. It was found that the use of modern information systems significantly increases the transparency and accuracy of accounting, which in turn facilitates the adoption of informed management decisions. The study also shows that implementing a comprehensive internal control approach, including regular audits and internal reviews, can help reduce risks and improve an organization's financial stability. The practical importance of the results lies in the possibility of their application in commercial organizations to improve resource management, optimize costs and increase overall business efficiency. The developed methodology can serve as a basis for creating more advanced management accounting and control systems adapted to the specifics of various industries. Thus, this study makes a significant contribution to the development of the theory and practice of management accounting, offering new approaches and tools that help to improve the competitiveness of commercial organizations.

**Keywords:** management accounting, control, financial accounting, reporting, business, information, business process, strategic approach, operation, project.

**Кіріспе.** Жаһандық және ішкі бәсекелестіктің күшеюі, жылдам технологиялық прогресс, кәсіпкерлік қызметті әртараптандыру және бизнес-процестердің күрделенуі жағдайында коммерциялық кәсіпорындарды басқару айтарлықтай қайта құрылуда. Бұл өзгерістер бухгалтерлік есеп пен бақылау жүйесін түбегейлі қайта қарауды және бейімдеуді қажет етеді.

Бәсекелестік ортада тиімді ұйымдастырылған

басқарушылық есеп өте маңызды болып табылады, өйткені ол басшылықты негізделген басқару шешімдерін қабылдау үшін қажетті сенімді және өзекті ақпаратпен қамтамасыз етеді. Бұл есеп жүйесі дәстүрлі қаржылық есептің кемшіліктерін жояды.

Көптеген елдердің заңнамалық базасында бағалы қағаздар эмитенттері үшін ішкі бақылау комитеттерін құру міндетті талапқа айналды.



Тиімді басқарушылық бақылау қаржылық есеп берудің тұтастығын және активтерді қорғауды қамтамасыз етуде ғана емес, сонымен қатар бизнес-кәсіпорындардың табысты қызмет етуінде де маңызды рөл атқарады. Ол ықтимал қателер мен тәуекелдерді анықтауға және жоюға, ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және бизнес-процестердің тиімділігін арттыруға бағытталған.

Сондықтан басқарушылық есеп пен бақылау әдістерін жетілдіру бойынша теориялық негіздер мен практикалық ұсыныстарды әзірлеу және енгізу корпоративтік басқарудың ең маңызды аспектілері болып табылады. Бұл басқарудағы ашықтықты жақсартуға, акционерлер мен инвесторлар сияқты мүдделі тараптарға жауапкершілікті арттыруға мүмкіндік береді және ұзақ мерзімді перспективада кәсіпорынның тұрақты өсуі мен дамуын қамтамасыз етеді [1].

Қазіргі динамикалық экономикалық жағдайда басқару есебі мен бақылау әдістерін жетілдіру қажеттігі көп қырлы міндет болып табылады, ол мұқият зерделеуді және өзгермелі нарық конъюнктурасына, технологиялық жаңалықтарға бейімделуді және ашықтық пен басқару тиімділігіне қойылатын талаптарды арттыруды талап етеді. Сауда кәсіпорнын басқаруды оңтайландыру бүгінгі күні қатаң ішкі стандарттау және бухгалтерлік-аналитикалық қолдау шеңберінде қалыптасатын сенімді ақпаратты пайдаланумен тығыз байланысты. Қаржылық есептілікті бақылау мен реттеуді және бухгалтерлік есеп жүйесінің қажеттіліктеріне бейімдеуді қамтиды. Заманауи жағдайларда басқарушылық есеп пен ішкі бақылау басқарудың барлық деңгейлерінде іргелі рөл атқарады, ол негізделген шешімдердің жедел қабылдануын ғана емес, сонымен қатар процестерді, ресурстарды және ұйымның ұзақ мерзімді перспективада бәсекеге қабілеттілігін оңтайландыруды қамтамасыз етеді.

Зерттеудің мақсаты басқарудың әртүрлі қажеттіліктерін, экономикалық қызметтің ерекшеліктерін және аналитикалық есептілікке қойылатын талаптарды ескеретін басқарушылық есеп пен бақылау жүйесін құрудың әдістемелік тәсілдерін әзірлеу болды.

Осы мақсатқа жету үшін келесі зерттеу міндеттері анықталды:

- тұжырымдамалық аппаратты нақтылау және осы процестердің құқықтық реттелуіне терең баға беру үшін басқарушылық есеп пен бақылаудың мәнін жан-жақты талдау;

- ұйымдық мақсаттарға қол жеткізуге ықпал ететін негізгі әдістер мен құралдарды анықтай отырып, тиімді басқару үшін басқарушылық есеп пен бақылаудың практикалық қолданылуын зерттеу.

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеу нәтижесінде кәсіпорынның басқарушылық есеп пен бақылау жүйесін ұйымдастыру кезінде кездесетін негізгі проблемалары мен шектеулері анықталды.

Негізгі мәселе - нақты салалық және ұйымдастырушылық сипаттамаларға бейімделген әдістерді әзірлеуге бірыңғай көзқарастың жоқтығы.

Басқарушылық есептің көбінесе компанияның стратегиялық мақсаттарын есепке алмайтындығына әкеледі, бұл оның басқару шешімдерін қабылдау үшін практикалық құндылығын төмендетеді. Қазіргі таңда басқару есебі мен бақылау әдістерін әзірлеу озық халықаралық тәжірибелерді талдауға және оларды отандық кәсіпорындардың жағдайына бейімдеуге негізделді.

*Әдебиеттерге шолу.* Заманауи басқару динамикасында басқарушылық есеп пен ішкі бақылау басқарудың барлық деңгейлерінде басты рөл атқарады, ол ұйымның тиімді жұмыс істеуі құрылатын негіз болып табылады. Бухгалтерлік есеп, мониторинг, талдау, жоспарлау және реттеу функциялары жалпы басқару жүйесіне біріктірілген. Сонымен қатар, басқарушылық есеп пен бақылау барлық басқару функцияларын табысты жүзеге асырудың ажырамас құралы болып табылады. Басқару есебі мен бақылаудың маңыздылығын түсіну олардың экономикалық мәні мен ұйымды басқарудың стратегиялық және операциялық аспектілеріне әсерін терең түсінуден басталады.

Қ.Т. Тайғашинованың зерттеулерінде Басқару есебі келесідей түсіндіріледі: басқару есебі –

қаржылық ақпаратты анықтауды, өлшеуді, жинауды, егжей-тегжейлі талдауды, құрылымдауды, түсіндіруді және кейіннен ұсынуды қамтитын жүйелі процесс. Бұл ақпарат ұйымның жоғары басшылығына тиімді жоспарлауды жүзеге асыру, ағымдағы нәтижелерді бағалау және стратегиялық және операциялық мақсаттардың орындалуын бақылау үшін қажет [2].

Ж.Қ. Нұрғазинаның айтуынша басқару есебі кәсіпорынның ақпараттық жүйесімен интегралды түрде әрекеттеседі, тек осы жүйенің бөлігі ретінде ғана емес, сонымен қатар негізгі қызмет ретінде де әрекет етеді. Оның негізгі мақсаты – ұйым басшылығын стратегияларды әзірлеу, жедел басқару, оның қызметінің барлық аспектілерінің тиімділігін бақылау және бағалау үшін қажетті ақпаратпен қамтамасыз ету [3].

В. М. Родионова и В. Я. Шлейников пікірлері бойынша ішкі бақылау – шаруашылық жүргізуші субъекті немесе басқару органы сыртқы әсерге қарамастан өз мүддесі үшін өз жұмысын өз бетінше тексеру және бағалау үшін атқаратын ішкі функция [4].

В.Е. Керимов бойынша кәсіпорынның ішкі бақылау негізгі параметрлер мен бақылау объектілерін анықтау, қателер, бұрмалаулар және басқа да жағымсыз салдарлардың ықтималдығы ең жоғары «сыни» нүктелерді анықтау жүзеге асырылатын жүйе ретінде қабылданады [5].

Біздің пікірінше, басқарудың ішкі бақылауы – ықтималдық көзқарасқа негізделген және ашықтық, күрделілік және қатаң реттеудің жоғары дәрежесімен сипатталатын күрделі және динамикалық жүйе. Бұл жүйе бақылау ортасы, тәуекелді бағалау процесі, ақпараттық жүйе, бақылау қызметі, бақылау, мониторинг, есепке алу, талдау, бақылау процедуралары және жоспарлау сияқты көп функциялы элементтерді қамтиды.

**Нәтижелер мен талқылау.** Қаржылық және басқарушылық есеп, сондай-ақ оларды бақылау әдістері заңнамалық реттеудің бөлігі болып табылады. Қазіргі уақытта осы процестерге арналған стандарттар мен ережелерді белгілеуге жалпы қабылданған көзқарас жоқ. Коммерциялық ұйымның стратегиясын табысты жүзеге асыру басқарушылық есеп жүйесі шеңберінде

құрылған сыртқы және ішкі пайдаланушылардың қажеттіліктерін ескеретін нақты ақпаратсыз мүмкін емес.

Басқару есебі қаржылық есепке тән шектелулерді еңсеру, негізделген басқару шешімдерін қабылдау үшін қажетті ақпаратты қалыптастырудың негізгі құралы болып табылады.

Қазіргі шаруашылық жағдайында басқару есебінің әдіснамасын жетілдіру өте күрделі және көп деңгейлі процеске айналады, оған әртүрлі сыртқы және ішкі факторлар әсер етеді және жан-жақты және терең талдауды қажет етеді. Қазіргі жағдайда бухгалтерлік есеп пен аналитикалық жүйеге біріктірілген есеп түрлерінің әртүрлілігі есеп саясатын жасау міндетін қояды. Осыған байланысты басқару есебін ұйымдастыру және жүргізу әдістерінде елеулі айырмашылықтар туындайды. Сондықтан әртүрлі ғалымдардың теориялық көзқарастары мен эмпирикалық деректерін терең талдауға негізделген басқару есептерін құрудың әдіснамалық тәсілдерін зерттеу тиімді басқаруды және стратегиялық жоспарлауды қамтамасыз ету үшін ерекше мәнге және өзектілікке ие болады (кесте 1).

Бұл кезеңдер әртүрлі ғалымдардың әдіснамалық тәсілдеріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін, бірақ олардың барлығы басқару есебін оңтайландыруға және алынған ақпарат негізінде шешім қабылдау процесін жетілдіруге бағытталған.

Талдау басқарудың ақпараттық қажеттіліктерін, ұйымдастырылған шаруашылық қызметінің ерекшеліктерін және реляциялық аналитикалық жүйелердің құрылымын ескеретін біркелкі әдістердің жоқтығын анықтады. Авторлар қарастырған әдістерді қолданылатын тәсілдер мен әдістемелерге байланысты негізгі үш топқа бөлуге болады.

Әдістердің бірінші тобы стратегиялық және тактикалық деңгейде басқару шешімдерін қабылдауға бағытталған стратегиялық көзқарасқа негізделген. Ол стратегиялық аудиттер жүргізу және компанияның миссиясын анықтау арқылы жалпы бизнес өнімділігін жақсартуға көмектеседі.

## 1-кесте. Әр түрлі ғалымдар ұсынған басқару есебін құру кезеңдері

Ғалым	Басқару есебінің кезеңдері
1	2
Роберт Каплан и Дэвид Нортон	1. Стратегиялық мақсаттарды анықтау 2. Көрсеткіштер жүйесін жасау 3. Жүйені жүзеге асыру 4. Бақылау және бақылау
Анри Файоль	1. Жоспарлау 2. Ұйымдастыру 3. Бақылау 4. Үйлестіру 5. Қарым-қатынас
Джон Шанк и Вижай Говиндараджан	1. Мәліметтерді жинау 2. Мәліметтерді өңдеу және талдау 3. Ақпаратты көрсету 4. Шешім қабылдау
Майкл Портер	1. Құн тізбегін талдау 2. Негізгі факторларды анықтау 3. Процесті оңтайландыру
Гордон Шиллинглю	1. Бухгалтерлік есеп объектілерін анықтау 2. Өлшеу және мәліметтерді жинау 3. Мәліметтерді өңдеу және талдау 4. Шешім қабылдау 5. Бақылау және реттеу
Чарльз Хорнгрен	1. Мәліметтерді жинау және классификациялау 2. Мәліметтерді өңдеу 3. Талдау және түсіндіру 4. Есепті дайындау 5. Шешім қабылдау
Джеймс Х. Донован	1. Жоспарлау 2. Шығындарды басқару 3. Тиімділікті бағалау 4. Бақылау және есеп беру
Эрик Кохен	1. Мәліметтерді жинау 2. Мәліметтерді өңдеу және сақтау 3. Деректерді талдау 4. Есепті дайындау 5. Басқару үшін ақпаратты пайдалану

Әдістердің екінші тобы тактикалық басқаруға бағытталған және әдетте компанияның стратегиясын егжей-тегжейлі шолуды немесе оны түзетуді қамтымайды.

Көптеген аудиторлық және консалтингтік компаниялар басқару есебіне бағытталған өз қыз-

метінің бөлігі ретінде әдістердің үшінші тобын белсенді пайдаланады. Мұндай жобалардың негізгі мақсаты – уақыт, еңбек, қаржылық мүмкіндіктер және т.б. сияқты ресурстық шектеулерді ескере отырып, алдын ала белгіленген нәтижелерге қол жеткізу.

Басқару есебін енгізу орындау стратегиясын әзірлеуді, тәуекелдерді және жоспарлардан ауытқуларды азайтуды және өзгерістерді тиімді басқаруды қамтиды. Тәжірибеде ұйымды басқаруда оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу үшін жобалау әдістерін технологиялық тәсілмен біріктіру жиі қолданылады.

Ішкі бақылау жүйесін құрудың әдістері мен тәсілдерін зерттеу ұйымды басқарудың тиімділігін қамтамасыз етудің маңызды кезеңі болып табылады. Қазіргі бизнес жағдайында ішкі бақылау нақты қаржылық есептілікті қамтамасыз етуде, активтерді қорғауда, нормативтік талаптарды сақтауда және тәуекелді басқаруда маңызды рөл атқарады.

Ішкі бақылау жүйесін құрудың негізгі әдістеріне стратегиялық және тактикалық тәсілдер жатады [14].

Стратегиялық тәсіл ұзақ мерзімді жоспарлауға және ұйымның мақсаттарына жетуге бағытталған

саясаттар мен процедураларды әзірлеуге бағытталған. Ол стратегиялық мақсаттар мен тәуекелдерді анықтауды, басқару жүйесінің құрылымын әзірлеуді және басқару процестерін реттеу және жақсарту үшін кері байланыс жүйесін құруды қамтиды.

Басқарушылық есеп жүйесін дамыту тиімді ішкі бақылау жүйесін құрумен байланысты мәселелермен ажырамас байланысты.

Ішкі бақылауды басқару тәсілдерін талдау екі негізгі бағытты – стратегиялық және тактикалық бағытты анықтады.

Бұл кесте тиімді басқаруды және нормативтік талаптардың сақталуын қамтамасыз ету үшін ұйымдар қолдана алатын ішкі бақылау жүйесін құрудың негізгі тәсілдерін ұсынады. Басқару есебі мен бақылау жүйесін құру операциялық, функционалдық және стратегиялық басқару деңгейлерін қамтуы керек (2 кесте).

**2 - кесте. Ішкі бақылау жүйесін құру әдістері мен тәсілдеріне шолу**

Тәсіл	Сипаттама
Стратегиялық	Ұзақ мерзімді стратегиялар мен саясаттарды әзірлеуге бағытталған. Ұйымның стратегиялық мақсаттарын анықтауды, тәуекелдерді бағалауды және тәуекелдерді басқару жүйесін әзірлеуді қамтиды. Басқару жүйесінің құрылымын құруды, саясаттар мен процедураларды әзірлеуді және басқару процестерін реттеу және жақсарту үшін кері байланыс жүйесін қамтамасыз етуді қамтиды.
Тактикалық	Ұйымның күнделікті қызметінде стратегиялық шешімдерді жүзеге асыруға бағытталған нақты әдістер мен процедураларға назар аударады. Пайдалану процедураларын әзірлеуді, бақылау әрекеттерін, өнімділікті талдауды және сәйкессіздіктерді шешуді қамтиды.
Кешенді	Теңдестірілген тәуекелдерді басқаруға, операциялық тиімділікке және ұйымның стратегиялық мақсаттарына қол жеткізу үшін стратегиялық және тактикалық тәсілдерді біріктіру.

Басқару үш деңгейге бөлінеді – оперативтік, тактикалық және стратегиялық, олардың әрқайсысы басқарушылық есеп пен ішкі бақылау жүйесінде өзіндік рөл атқарады.

Жедел басқару ұйымның күнделікті міндеттері мен ағымдағы мақсаттарына назар аударады. Ол жоспарлардың орындалуын, ағымдағы

процестерді бақылауды және ағымдағы деректер негізінде жедел шешім қабылдауды қамтамасыз етеді.

Тактикалық басқару орта мерзімді стратегияларды әзірлеумен және жүзеге асырумен айналысады. Бұл өндірістік және қаржылық нәтижелерді талдау және бағалау, нарықтық өзгерістерге бей-

імделу және ресурстарды оңтайландыру деңгейі.

Стратегиялық басқару ұзақ мерзімді мақсаттарға бағытталған және компанияның миссиясы мен даму бағыттарын анықтайды. Ол қаржылық жоспарлауды, ресурстарды басқаруды және болашаққа тәуекелді бағалауды қамтиды.

Басқару есебі мен ішкі бақылау жүйесі контекстінде оперативтік, тактикалық және стратегиялық басқаруды талдауды жалғастыру олардың өзара байланысын және ұйымның тиімділігіне әсерін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Операциялық басқару – ағымдағы деректер мен жедел ақпарат негізінде басқару шешімдері қабылданатын бастапқы деңгей. Басқарудың бұл деңгейі ұйымның күнделікті жұмыс істеуіне бағытталған және өндіріске, сатуға, сатып алуға және т.б. байланысты күнделікті операцияларды қамтиды. Басқару есебі контекстінде операцияларды басқару ағымдағы нәтижелерді бақылау және дереу түзетулер енгізу үшін деректерді пайдаланады.

Тактикалық басқару ұйым қызметінің неғұрлым стратегиялық аспектілеріне назар аударады. Бұл деңгей нақты мақсаттарға жетуге бағытталған орта мерзімді жоспарлар мен тактикаларды әзірлеу мен жүзеге асыруды қамтиды. Басқару есебі контекстінде тактикалық менеджмент орта мерзімді даму стратегиясы туралы шешім қабылдау, нарықтық өзгерістерге бейімделу және ресурстарды оңтайландыру үшін деректерді талдау мен түсіндіруге бағытталған.

Стратегиялық менеджмент ұйымның ұзақ мерзімді дамуының бағыттарымен және жалпы стратегияны қалыптастырумен айналысады. Басқарудың бұл деңгейі компанияның миссиясын, құндылықтарын және ұзақ мерзімді мақсаттарын анықтайды, сонымен қатар жаңа нарықтарға, инновацияларға және дамудың жалпы бағытына шығудың стратегияларын әзірлейді. Басқару есебінде стратегиялық менеджмент ұзақ мерзімді жоспарлау, қаржылық тұрақтылықты бағалау, болашақ нәтижелерді болжау және ұзақ мерзімді мақсаттарға жету үшін стратегияларды әзірлеу үшін деректерді пайдаланады.

Басқарудың осы деңгейлерінің әрқайсысында ішкі бақылау маңызды рөл атқарады. Операциялық деңгейде ол операциялық қызметтің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге, тактикалық деңгейде стратегиялық жоспарлардың сақталуын және ресурстарды пайдалану тиімділігін бақылауға, ал стратегиялық деңгейде тәуекелдерді барынша азайтуға және ұзақ мерзімді талаптардың сақталуын қамтамасыз етуге бағытталған.

Осылайша, ұйымның тұрақты дамуын қамтамасыз ету, оның мақсаттарына қол жеткізу және бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін барлық деңгейдегі тиімді басқару және ішкі бақылау – жедел, тактикалық және стратегиялық маңызды.

**Қорытынды.** Қорытындылай келе, басқарушылық есеп пен ішкі бақылау ұйымды барлық деңгейде: жедел, тактикалық және стратегиялық деңгейде тиімді басқаруда шешуші рөл атқаратынын атап өтуге болады. Операцияларды басқару ағымдағы операцияларға назар аударады және операциялық шешімдер қабылдау үшін дәл және уақтылы деректерді талап етеді. Тактикалық басқару стратегиялық мақсаттарға жету үшін деректерді талдау негізінде орта мерзімді жоспарлар мен тактикаларды әзірлеумен айналысады. Стратегиялық менеджмент компанияның ұзақ мерзімді перспективаға жалпы стратегиясы мен даму бағытын анықтайды. Ішкі бақылау, өз кезегінде, барлық деңгейдегі басқару функцияларын дұрыс орындауды, тәуекелдерді азайтуды және белгіленген стандарттар мен саясаттардың сақталуын қамтамасыз етеді. Ол басқару шешімдері қабылданатын ақпараттың сенімділігі мен дұрыстығын қамтамасыз ететін басқару жүйесінің құрамдас бөлігі болып табылады.

Осылайша, басқарудың барлық деңгейлерінде басқарушылық есеп пен ішкі бақылауды біріктіру ұйымға өз ресурстарын тиімді пайдалануға, және ұзақ мерзімді перспективада тұрақты дамуға ықпал ете отырып, стратегиялық мақсаттарға жетуге мүмкіндік береді.

Басқару есебі мен бақылау үшін ең жақсы тәсіл жобаның элементтерін және ұйымдағы басқару мен бақылаудың тұтас көрінісін қамтамасыз ететін стратегиялық тәсілдерді біріктіретін біріктірілген әдіс болып табылады.



Коммерциялық ұйымдардағы басқарушылық есеп пен бақылаудың әртүрлі аспектілерін талдау барысында бұл процестер тиімді басқаруды және стратегиялық шешімдерді қабылдауды қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаратыны анықталды. Басқару есебі мен бақылау әдіснамасын әзірлеу тек стратегиялық жоспарлауды ғана емес, операциялық тәуекелдерді басқаруды, қаржылық ақпаратты талдауды және ішкі бақылаудың жүйелі аудитін қамтитын кешенді тәсілді қажет етеді.

Зерттеу негізінде келесі ұсыныстарды жасауға болады:

- әдістеме әзірлеу кезінде ұйымның нақты қажеттіліктеріне бейімделген есеп пен бақылаудың әртүрлі әдістерін ескеру қажет. Тиімді басқару мақсаттарына жету үшін басқарудың стратегиялық, тактикалық және операциялық деңгейлерін біріктіру маңызды;

- басқару есебі мен бақылаудың заманауи ақпараттық технологияларын енгізу жинақтау, талдау және есеп беру процесін жетілдіруге мүмкіндік береді. Басқару шешімдерін қабылдаудың

дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін басқарудың ақпараттық жүйелерін пайдалану ұсынылады;

- әдістемені тиімді енгізу үшін сауатты және білікті кадрлар қажет. Қызметкерлерді басқарушылық есеп пен бақылау мәселелері бойынша тұрақты оқытуды қамтамасыз ету, сондай-ақ осы процестерге инвестициялау қажеттілігі туралы басшылықтың хабардарлығын арттыру ұсынылады;

- әдістемені үздіксіз жетілдіру және ұйымның стратегиялық мақсаттарына қол жеткізу үшін басқарушылық есеп пен бақылаудың тиімділігін бағалау жүйесін енгізу маңызды.

Осылайша, басқару есебі мен бақылау әдіснамасын әзірлеу және табысты енгізу коммерциялық ұйымдарды қазіргі заманғы басқарудың маңызды элементі болып табылады. Кәсіпкерлік қызметтің ерекшеліктерін ескере отырып, кешенді тәсілді қолдану және заманауи технологияларды енгізу динамикалық өзгертін экономикалық жағдайда ұйымның тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуге көмектеседі.

## Әдебиеттер

1. М.А. Алтынбеков, Г.М. Сагиндыкова, Г.С. Түсібаева Кәсіпорында басқару есебін ұйымдастыру: оқулық.- Алматы: LEM баспасы, 2023.- 304б. ISBN: 978-601-239-742-0
2. Тайгашинова К.Т. Проблемы формирования и развития экологического учета и аудита. Теория и практика / монография. К.Т.Тайгашинова – Алматы: ТОО «Жания-Полиграф», 2022. – 379 с. ISBN 978-601-269-203-7
3. Байдақов А., Алтынбеков М.А. Басқару есебіндегі шығындар есебінің мәселелері және оларды топтастыру // Вестник «КазУЭФМТ». – Нур – Султан – 2023 –№ 1(50) – С. 72-79
4. Сембиева Л.М. Введение в финансы : учебное пособие / Л.М. Сембиева, С.Б. Макыш, А.О. Жагыпарова. - Алматы : Эпиграф, 2020. ISBN 978-601-342-204-6.
5. Керимов В. Э. Бухгалтерский управленческий учет: Практикум для бакалавров. — 11-е изд., перераб. / В.Э. Керимов. - Москва: Дашков и К, 2021. - 96 с. ISBN 978-5-394-04113-6.
6. Стратегический управленческий учет : учебное пособие / Б.Ж. Акимова, А.О. Махамбетова, Л.Ж. Айтхожина, А.А. Кажмухаметова. - Алматы : TechSmith, 2023. - 252, [1] с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 246-252. ISBN 978-601-352-296-8.
7. Мочалова Л.А. Стратегический анализ и планирование: учебник / Л.А. Мочалова, В.И. Власов; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд. - Москва : Ай Пи Ар Медиа , 2024. - 167, [1] с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 153-155. ISBN 978-5-4497-1853-2.
8. Джолдасбаева Г.К. Управление затратами на предприятии: учебное пособие / Г.К. Джолдасбаева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Караганда : АҚНҰР, 2017. - 167 с. ISBN 978-601-7053-43-7.

9. Клишевич Н.Б. Финансы организаций: менеджмент и анализ : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям "Финансы и кредит", "Бухгалтерский учет, анализ и аудит" / Н.Б. Клишевич. - Москва: КНОРУС, 2016. - 303 с. ISBN 978-5-406-04851-1
10. Акимова Б.Ж. Стратегический управленческий учет: учебное пособие / Б.Ж. Акимова, А.О. Махамбетова, Л.Ж. Айтхожина, А.А. Кажмухаметова. - Алматы : New book, 2021. - 252с. ISBN 978-601-352-296-8.
11. Хорнгрен Ч.Т. Бухгалтерский учет: управленческий аспект / Ч.Т. Хорнгрен, Фостер Дж.; пер. с англ. под ред. Я.В.Соколова. - Москва : Финансы и статистика, 2001. - 416 с. - (Серия по бухгалтерскому учету и аудиту). ISBN 5-279-01212-2.
12. Мархаева Б.А. Управленческий учет 2: учебное пособие / Б.А. Мархаева, А.Д. Каршалова; Министерство образования и науки Республики Казахстан, УО "Алматы менеджмент университет". - Алматы : Балауса, 2017. - 198 с. ISBN 978-601-7470-77-7.
13. Мархаева Б.А. Управленческий учет : учебное пособие : с интеллект-картами / Б.А. Мархаева; НОУ "Алматы Менеджмент Университет". - 2-е изд., доп. и перераб. - Алматы : Алматы Менеджмент Университет, 2015. - 343 с. ISBN 978-601-7529-29-1.
14. Мизиковский И. Е. Управленческий учет и защита учетной информации: тесты: Учебное пособие / Мизиковский И. Е., Миросердова А. Н., Ясенов В. Н. - М.: Магистр, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 112 с. ISBN 978-5-9776-0303-4
15. Нургазина Ж.К. Управленческий учет: учебник / Ж.К. Нургазина; Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы: Ассоциация вузов РК, 2014. - 411 с. ISBN 978-601-289-126-3.

### References

1. M.A. Altynbekov, G.M. Sagindykova, G.S. Tysibaeva Kәсіпорында басқару есебин ұжымдастыру: оқулық.- Алматы: LEM баспасы, 2023.- 304б. ISBN: 978-601-239-742-0 [in Kazakh].
2. Tajgashinova K.T. Problemy formirovaniya i razvitiya ekologicheskogo ucheta i audita. Teoriya i praktika / monografiya. K.T.Tajgashinova – Алматы: ТОО «ZHaniya-Poligraf», 2022. – 379 s. ISBN 978-601-269-203-7
3. Bajdaқov A., Altynbekov M.A. Bасқару есебиндеgi shyғындар есебинің мәсеleleri zhәне olardy toptastyru // Vestnik «KazUEFMT». – Nur – Sultan – 2023 –№ 1(50) – S. 72-79 [in Kazakh].
4. Sembieva L.M. Vvedenie v finansy : uchebnoe posobie / L.M. Sembieva, S.B. Makysh, A.O. ZHagyparova. - Алматы : Epigraf, 2020. - ISBN 978-601-342-204-6. [in Russian].
5. Kerimov V. E. Buhgalterskij upravlencheskij uchet: Praktikum dlya bakalavrov. — 11-e izd., pererab. / V.E. Kerimov. - Moskva: Dashkov i K, 2021. - 96 s. ISBN 978-5-394-04113-6 [in Russian].
6. Strategicheskij upravlencheskij uchet : uchebnoe posobie / B.ZH. Akimova, A.O. Mahambetova, L.ZH. Ajthozhina, A.A. Kazhmuhametova. - Алматы : TechSmith, 2023. - 252, [1] s. : il., tabl. - Bibliogr.: s. 246-252. ISBN 978-601-352-296-8 [in Russian].
7. Mochalova L.A. Strategicheskij analiz i planirovanie: uchebnyk / L.A. Mochalova, V.I. Vlasov; Ural'skij gosudarstvennyj gornyj universitet. - 2-e izd. - Moskva : Aj Pi Ar Media , 2024. - 167, [1] s. : il., tabl. - Bibliogr.: s. 153-155. ISBN 978-5-4497-1853-2 [in Russian].
8. Dzhholdasbaeva G.K. Upravlenie zatratami na predpriyatii: uchebnoe posobie / G.K. Dzhholdasbaeva. - 2-e izd., pererab. i dop. - Karaganda : AҚNYR, 2017. - 167 с. ISBN 978-601-7053-43-7 [in Russian].
9. Klishevich N.B. Finansy organizacij: menedzhment i analiz : uchebnoe posobie dlya studentov,

obuchayushchihsya po special' nostyam "Finansy i kredit", "Buhgalterskij uchet, analiz i audit" / N.B. Klishevich. - Moskva: KNORUS, 2016. - 303 s. ISBN 978-5-406-04851-1 [in Russian].

10 Akimova B.ZH. Strategicheskij upravlencheskij uchet: uchebnoe posobie / B.ZH. Akimova, A.O. Mahambetova, L.ZH. Ajthozhina, A.A. Kazhmuhametova. - Almaty : New book, 2021. - 252s. ISBN 978-601-352-296-8 [in Russian].

11 Horngren CH.T. Buhgalterskij uchet: upravlencheskij aspekt / CH.T. Horngren, Foster Dzh.; per. s angl. pod red. YA.V.Sokolova. - Moskva : Finansy i statistika, 2001. - 416 s. - (Seriya po buhgalterskomu uchetu i auditu). ISBN 5-279-01212-2 [in Russian].

12. Marhaeva B.A. Upravlencheskij uchet 2: uchebnoe posobie / B.A. Marhaeva, A.D. Karshalova; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Respubliki Kazahstan, UO "Almaty menedzhment universitet". - Almaty : Balausa, 2017. - 198 s. ISBN 978-601-7470-77-7 [in Russian].

13. Marhaeva B.A. Upravlencheskij uchet : uchebnoe posobie: s intellekt-kartami / B.A. Marhaeva; NOU "Almaty Menedzhment Universitet". - 2-e izd., dop. i pererab. - Almaty : Almaty Menedzhment Universitet, 2015. - 343 s. ISBN 978-601-7529-29-1 [in Russian].

14. Mizikovskij I. E. Upravlencheskij uchet i zashchita uchetnoj informacii: testy: Uchebnoe posobie / Mizikovskij I. E., Miloserdova A. N., YAsenev V. N. - M.: Magistr, NIC INFRA-M, 2016. - 112 s ISBN 978-5-9776-0303-4 [in Russian].

15. Nurgazina ZH.K. Upravlencheskij uchet: uchebник / ZH.K. Nurgazina; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Respubliki Kazahstan. - Almaty: Associaciya vuzov RK, 2014. - 411 s. ISBN 978-601-289-126-3 [in Russian].

*Авторлар туралы мәлімет*

Мукушев Т.Б. - «Мемлекеттік аудит» кафедрасының докторанты, Л.Н.Гумилев ат Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: Tolegen1986@mail.ru;

Жуматаева Б.А.- PhD, қауымдастырылған профессор, Қ.Құлажанова атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: bahyt\_jumataeva@mail.ru;

Сапарова Б.С.- PhD, қауымдастырылған профессор, Л.Н.Гумилев ат Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: mtbb1986@gmail.com;

Алтынбеков М.А.PhD, қауымдастырылған профессор, «ESIL University» Мекемесі, Астана, Қазақстан, e-mail: Everest-astana@mail.ru.

Кожабергенова К.Д. - Техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.Құлажанова атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: Kala 08@listl.ru.

*Information about the authors*

Mukushev T.B. - Doctoral student of the "State Audit" Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail:Tolegen1986@mail.ru;

Zhumatayeva B.A. - PhD, Associate professor, Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: bahyt\_jumataeva@mail.ru;

Saparova B. S. - PhD, Associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana. Kazakhstan, e-mail: mtbb1986@gmail.com;

Altynbekov M.A. - PhD, Associate professor, ESIL University, Astana. Kazakhstan, e-mail: Everest-astana@mail.ru.

Kozhabergenova K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: Kala 08@listl.ru.

**MEDICAL REHABILITATION PROGRAMS IN INSURANCE CASE STUDY AND NEW REALITIES****A.M. Kurmanov, A.B. Bekmagambetov, A.Ye. Sabidullina<sup>✉</sup>, L.I. Yedilbayeva**

Republican Research Institute for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

<sup>✉</sup> Corresponding author: [sabidullina96@inbox.ru](mailto:sabidullina96@inbox.ru)

The purpose of this study is to analyze the impact of social protection measures for employees in the Republic of Kazakhstan based on the social insurance system, with a focus on coverage of necessary medical services. This article will provide a broad overview of current literature on social protection measures for workers, justifying the choice of research methods. The results will help to see the path of funds movement, as well as reflect current market prices for an approximate minimum package of necessary services and funds for the affected person. These data reflect the sufficiency of funds to cover a certain amount of necessary services and funds within the framework of current legislation. The following methods will be used: economic-statistical, evaluative-comparative, and logical and analytical. The current legislative framework for protecting the interests of workers in Kazakhstan will be identified. It is important to note that social protection for employees is an essential component of the economy, and reforms in this area must be effective in the long run. Kazakhstan is making efforts to improve its legislative framework in this regard. Cases that reflect modern market realities and the transformation of social protection will be presented. Social insurance for employees is an essential component of the overall social protection system for the population. This insurance provides financial support to employees in times of illness, injury, or temporary disability, as well as in the event of the loss of a primary provider for their family. This ensures the stability and security of working individuals and their relatives.

**Keywords:** employee health insurance, social protection of employees, Occupational safety and health, industrial accidents, Compensation for harm, medical rehabilitation measures.

**САҚТАНДЫРУДАҒЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ ОҢАЛТУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫ: ІС ӘДІСІ ЖӘНЕ ЖАҢА ШЫНДЫҚТАР****А.М. Курманов, А.Б. Бекмагамбетов, А.Е. Сабидулина<sup>✉</sup>, Л.И. Едильбаева**Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан,  
e-mail: [sabidullina96@inbox.ru](mailto:sabidullina96@inbox.ru)

Бұл зерттеудің мақсаты қажетті медициналық қызметтермен қамтуға баса назар аудара отырып, әлеуметтік сақтандыру жүйесіне негізделген Қазақстан Республикасындағы қызметкерлерді әлеуметтік қорғау шараларының әсерін талдау болып табылады. Бұл мақалада зерттеу әдістерін таңдауды негіздейтін қызметкерлерді әлеуметтік қорғау шаралары туралы заманауи әдебиеттерге кең шолу жасалады. Нәтижелер қаражаттың қозғалу жолын көруге көмектеседі, сонымен қатар зардап шеккен адамға қажетті қызметтер мен қаражаттың минималды пакетінің ағымдағы нарықтық бағаларын көрсетеді. Бұл деректер қолданыстағы заңнама шеңберінде қажетті қызметтер мен қаражаттың белгілі бір көлемін жабу үшін қолма-қол ақшаның жеткіліктілігін көрсетеді. Келесі әдістер қолданылады: экономикалық-статистикалық, бағалау-салыстырмалы және логикалық-аналитикалық. Қазақстандағы қызметкерлердің мүдделерін қорғау үшін қолданыстағы заңнамалық база айқындалатын болады. Қызметкерлерді әлеуметтік қорғау экономиканың маңызды құрамдас бөлігі болып табылатынын және бұл саладағы реформалар ұзақ мерзімді перспективада тиімді болуы керек екенін атап өткен жөн. Қазақстан осыған байланысты өзінің заңнамалық базасын жетілдіруге күш салуда. Қазіргі заманғы нарықтық шындықты және әлеуметтік қорғау жүйесінің трансформациясын көрсететін кейстер ұсынылатын болады. Қызметкерлерді әлеуметтік сақтандыру халықты әлеуметтік қорғаудың

жалпы жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл сақтандыру қызметкерлерге ауырған, жарақат алған немесе уақытша еңбекке жарамсыз болған жағдайда және олардың отбасылары үшін негізгі асыраушысынан айырылған жағдайда қаржылық қолдау көрсетеді. Бұл жұмыс істейтін адамдар мен олардың жақындарының тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** қызметкерлерді медициналық сақтандыру, қызметкерлерді әлеуметтік қорғау, Еңбекті қорғау, өндірістегі жазатайым оқиғалар, зиянды өтеу, медициналық оңалту жөніндегі іс-шаралар.

## ПРОГРАММЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ В СТРАХОВАНИИ: КЕЙС МЕТОД И НОВЫЕ РЕАЛИИ

А.М. Курманов, А.Б. Бекмагамбетов, А.Е. Сабидуллина ✉, Л.И. Едильбаева

Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, Астана, Казахстан,  
e-mail:sabidullina96@inbox.ru

Целью данного исследования является анализ влияния мер социальной защиты работников в Республике Казахстан, основанных на системе социального страхования, с акцентом на охват необходимыми медицинскими услугами. В этой статье будет представлен широкий обзор современной литературы о мерах социальной защиты работников, обосновывающий выбор методов исследования. Результаты помогут увидеть путь движения средств, а также отражает актуальные рыночные цены на приближенно минимальный пакет необходимых услуг и средств для пострадавшего лица. Эти данные отражают достаточность денежных средств для покрытия определенного объема необходимых услуг и средств в рамках действующего законодательства. Будут использованы следующие методы: экономико-статистический, оценочно-сравнительный и логико-аналитический. Будет определена действующая законодательная база для защиты интересов работников в Казахстане. Важно отметить, что социальная защита работников является важным компонентом экономики, и реформы в этой области должны быть эффективными в долгосрочной перспективе. Казахстан прилагает усилия для совершенствования своей законодательной базы в этом отношении. Будут представлены кейсы, отражающие современные рыночные реалии и трансформацию системы социальной защиты. Социальное страхование работников является важным компонентом общей системы социальной защиты населения. Это страхование обеспечивает финансовую поддержку работникам в случае болезни, травмы или временной нетрудоспособности, а также в случае потери основного кормильца для их семей. Это обеспечивает стабильность и безопасность работающих людей и их близких.

**Ключевые слова:** медицинское страхование работников, социальная защита работников, охрана труда, несчастные случаи на производстве, возмещение вреда, мероприятия по медицинской реабилитации.

**Introduction.** Employee health insurance is part of a compulsory insurance system that aims to protect employees from financial risk associated with various social risks, including illness, disability, job loss, and old age. The purpose of this insurance is to provide social protection for employees and their families through the provision of benefits and compensation in case of an insured event. Occupational safety and health (OSH) are an essential part of the Decent Work program of the International Labour Organization (ILO). The ILO defines "decent work" as the right to productive

employment in conditions of freedom, equality, security, and human dignity, and states that work can only be considered decent if it is safe and healthy [1].

However, according to the Global Monitoring Report published by the World Health Organization (WHO) and the ILO, during 2016, 1.9 million people worldwide died from occupational diseases and injuries. Most of these deaths were due to respiratory and cardiovascular conditions [2]. Occupational accidents have a significant impact on people's well-being and can lead to high costs for social health and insurance systems in any country,



disrupting the sustainability of production systems and working life. To address these challenges, it is essential to implement effective measures that take full advantage of advances in safe, healthy, and decent work. These measures should aim to maintain a sustainable production system while ensuring the well-being of workers. Work-related injuries are a growing concern in the workforce, as they can have a significant impact on organizations, especially financially. However, researchers disagree on the definition of indirect costs associated with workplace accidents. This study uses simulated scenarios based on current market conditions to calculate costs.

The functions of providing medical rehabilitation for victims at work are not necessarily solved within the framework of the accident insurance system. In different EU countries, the situation with medical rehabilitation differs significantly from one another. In some countries, the NS and PP insurance system has responsibilities for all types of rehabilitation (including professional and social), in others - only vocational rehabilitation, in others – only medical rehabilitation [3].

Various cases were considered in the development of these scenarios, which were built upon examples from different industries. Despite the growing number of well-designed studies confirming the effectiveness of comprehensive rehabilitation programs from an evidence-based medicine perspective, access to them in the Republic of Kazakhstan remains somewhat difficult due to both the imperfections of the regulatory framework and the lack of insurance coverage for such programs.

In the last 2-3 years, there have been changes to the regulatory framework for medical rehabilitation, and therefore, it is of great practical interest to analyze the existing regulatory framework and its impact on simulated cases. The aim is to evaluate the effectiveness of the changes in the regulatory framework governing medical rehabilitation in Kazakhstan using case studies as an example.

This study expands the understanding, interrelation and interaction in the totality of understanding of medical rehabilitation and

insurance, and reflects modern market realities in the framework of the implementation of current legislative acts in this area based on the given cases based on market prices in Kazakhstan.

**Materials and methods.** The investigation relies on a comprehensive analysis of international and national statistical reports, as well as official publications issued by prominent international financial institutions, serving as the foundation for our research. The main research methods for the development are: a method of systematization and generalization for a comprehensive review of the mechanisms of state assistance to the development of the medical rehabilitation, a method of analyzing documents for studying legislation in the field under study and a method of logical generalization for the development of conclusions. All the legislative acts and regulations specified in this article in the field under study are valid documents and are relevant.

In order to evaluate the state of infrastructure development within the Republic of Kazakhstan regarding medical rehabilitation services provided within the context of insurance coverage, it is crucial to assess the efficacy of resource allocation within the rehabilitation process. When a country maintains a conducive regulatory environment characterized by low levels of corruption, coupled with the implementation of effective laws, governmental programs, and strategic development plans, it significantly impacts the behavior of subjects.

Employee insurance is an essential component of the social protection system for the population. It provides financial protection for employees in case of illness, injury, temporary disability, or loss of a breadwinner. This helps ensure stability and security for workers and their families.

The basic principles of employee insurance include mandatory participation in the system for all working citizens, solidarity in covering risks, and fair distribution of financing between employees and employers.

Employee social security systems can vary from country to country depending on legislation and socio-economic conditions, but their goal is always to provide social protection for workers. In general,

employee social insurance plays an important role in ensuring the stability and well-being of employees and their families. It provides them with protection against financial risks associated with work.

However, the amounts allocated for medical rehabilitation of injured employees may not always be sufficient to cover all their needs. In order to determine the level of coverage in modern Kazakhstan, we have studied the legislative framework and built case models.

**Results and discussion.** Industrial accidents and occupational illnesses not only cause harm to individuals and their families, but also significantly impact society's economy. The International Social Security Association estimates that the annual cost of non-fatal workplace accidents alone amounts to approximately 4% of the global gross domestic product [4].

In recent years, there has been a trend towards a decrease in workplace accidents [5]. This can be attributed to preventive measures and initiatives implemented by companies and government agencies, as well as the increasing proportion of the workforce employed in sectors with lower accident rates, such as services [6]. The reintegration of workers into the workforce through the support provided by state occupational accident insurance is a critical aspect that may significantly impact the effectiveness of occupational rehabilitation services and individuals' utilization of medical services.

The specific composition of the workforce, psychological factors, and the level of healthcare provided in the event of industrial accidents all play a crucial role in determining whether individuals who have sustained work-related injuries to their neck, back, or shoulders will return to the labour market or resume their original employment [7-9].

For instance, several demographic variables such as gender and income, as well as psychosocial factors such as an individual's confidence level, can significantly influence the likelihood of patients returning to their pre-injury employment. Furthermore, rehabilitation-related factors, such as the successful completion of rehabilitation programmes, also play a pivotal role in facilitating

the reintegration process [9]. Industrial accidents and their repercussions have emerged as a significant concern in contemporary society. The construction industry, in particular, bears a notable responsibility, accounting for a staggering 21.5% of fatalities and 12.7% of injuries [10]. Beyond the incalculable loss of human lives and societal well-being, these occurrences have a direct impact on the organizational structure and operational efficiency of companies, resulting in a decline in productivity and profit margins. In the legislative framework of the Russian Federation, medical rehabilitation is defined as a comprehensive set of medical and psychological interventions aimed at either the full or partial restoration, and in some cases, compensation for impaired or lost functions of an affected organ or system. This process also involves maintaining bodily functions during acute pathological processes or exacerbations of chronic conditions. Furthermore, it encompasses preventive measures, early detection, and correction of potential functional impairments in damaged organs or systems, aiming to prevent disability, enhance quality of life, maintain employment capacity, and promote social reintegration of patients into society [11-12].

In the context of Kazakhstan, the government is actively working to expand and enhance the infrastructure of rehabilitation centers across the country, with a focus on providing comprehensive healthcare services for the rehabilitation of individuals. Pursuant to the regulations on medical rehabilitation, as stipulated in Decree No. 21381 dated October 9, 2020 [13], the process of medical rehabilitation constitutes a comprehensive array of medical services designed to preserve, partially or fully restore, and (or) replace impaired and/or lost functions of an individual's body.

In the year 2013, Order No. 759, issued by the Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan on December 27th, 2013 [14], formalized a standard for the provision of medical rehabilitation services to the population within the country, mandating that such rehabilitation be delivered through a multidisciplinary approach involving medical professionals from various

specialties, with a phased approach to restoring patients' health status. On January 31, 2024, the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan issued Order No. 20 [15], which approved the Rules for Reimbursement of Expenses for Preventive and/or Rehabilitation Measures under Compulsory Insurance for Employees in the Performance of Official Duties. These Rules establish the procedure for the reimbursement of expenses related to preventive and/or rehabilitation measures. Within the framework of this document, rehabilitation measures are defined as a set of actions aimed at restoring a worker's professional capacity and reducing their level of disability.

The term "preventive measures", in turn, refers to initiatives designed to establish and enhance safe working conditions and provide mechanisms for their compensation.

A comprehensive list of preventive measures has been established, providing guidance on the types of measures that policyholders can seek reimbursement for from their insurers under the provisions of the "Law of the Republic of Kazakhstan on Compulsory Insurance of Employees against Accidents in the Performance of Labor (Official) Duties"[16].

The mechanism of harm caused by injury to health is explored in greater detail below. Should the employee have been asked a question at the time of an accident or occupational injury, and his presence at the scene could be explained by the fulfillment of his work obligations, he is entitled to receive social compensation, including reimbursement for expenses incurred by employees in the course of their labour or other duties as prescribed by the laws of the Republic of Kazakhstan.

1. Compensation for damage caused by damage to health from the employer's funds.

- Compulsory social benefits for disability.

In accordance with Article 133 of the Labor Code of the Republic of Kazakhstan [17], in case of an occupational injury or injury to health, the employer is obliged, at his own expense, to pay employees social benefits for temporary disability in the amount of one hundred percent of the average

salary from the first day of disability. The basis for the payment of social benefits for temporary disability are disability certificates.

- Compensation for damage caused by damage to health

According to paragraph 3 of Article 122 of the Labor Code of the Republic of Kazakhstan [17], when harm is caused to an employee related to the establishment of the degree of loss of professional ability from five to twenty-nine percent inclusive, the employer is obliged to reimburse the employee for lost earnings and expenses caused by damage to his health. The amount of expenses caused by damage to health reimbursed by the employer during the period of determining the degree of disability may not exceed two hundred and fifty monthly calculation indices established for the corresponding financial year by the law on the republican budget at the time of payment.

A guaranteed amount of free medical care at the expense of budgetary funds is provided to citizens regardless of the status of insurance:

- ambulance services, including with the involvement of medical aviation in certain cases;
- Primary health care services (PHC)
- Specialized outpatient medical care: services for injuries, poisoning or other urgent conditions;
- Medical rehabilitation:
  - in the treatment of the underlying disease;
  - for tuberculosis patients;
- Palliative care.

Citizens who regularly pay contributions to the CSHI and have the status of "INSURED" can receive a wider range of medical services without paying them additionally. The list of compulsory social health insurance also includes medical rehabilitation.

The employer must pay social benefits for temporary disability either until the person fully recovers and goes to work, or until the employee is examined and the medical and social examination (ITU) determines the disability and the degree of loss of his professional ability to work.

- Voluntary health insurance and voluntary social benefits

Kazakhstan maintains a high level of private spending on medical care.

Collective agreements may provide for one-time payments by the employer for burial and loss of a breadwinner, depending on the composition of the family, if death occurred as a result of an occupational injury or occupational disease, as well as benefits for various disability groups.

2. Compensation for damage caused by damage to health from an insurance company (with which the employer is obliged to conclude a compulsory accident insurance contract for the employee).

A) In accordance with paragraph 2 of Article 19 of the Law of the Republic of Kazakhstan "On compulsory insurance of an employee against accidents in the performance of his/her labor (official) duties" [16] compensation for additional expenses caused by damage to the employee's health in case of establishing the degree of loss of professional ability from thirty to one hundred percent is carried out by the insurer on the basis of documents confirming these expenses are presented by the employee or the person who incurred these expenses. At the same time, expenses for medical care provided within the guaranteed volume of free medical care and in the system of compulsory social health insurance are not subject to reimbursement.

The total amount of insurance payments for reimbursement of additional expenses caused by damage to health may not exceed the following amounts (in monthly calculation indices established for the corresponding financial year by the law on the republican budget):

- when determining the degree of loss of professional ability to work from thirty to fifty – nine percent inclusive - 500;
- when determining the degree of loss of professional ability to work from sixty to eighty – nine percent inclusive - 750;
- when determining the degree of loss of professional ability to work from ninety to one hundred percent inclusive – 1,000.

B) In accordance with Chapter 2 of the Rules for Reimbursement of Costs for Preventive Measures and (or) Rehabilitation Measures [15], the insurer, in addition to reimbursing the additional costs specified in paragraph A, reimburses the policyholder and (or) the beneficiary for the costs actually incurred (part of the costs) for preventive measures (according to the list) within the limits the sum insured provided for in the employee's compulsory accident insurance contract. The maximum amount of reimbursement of the costs of the policyholder and (or) the beneficiary may not exceed 6 (six) percent of the paid insurance premium calculated on the expiration date of the compulsory employee accident insurance contract concluded between the policyholder and the insurer.

C) In accordance with Chapter 3 of the Rules for Reimbursement of Costs for Preventive Measures and (or) Rehabilitation Measures, the insurer, in addition to reimbursing the additional costs specified in paragraph A, reimburses the policyholder and (or) the beneficiary for the costs actually incurred (part of the costs) for social and (or) vocational rehabilitation in accordance with Appendix 3 (see Table 1) to The Rules and the MR for the IPAR of persons with disabilities (not included in the guaranteed amount of free medical care and compulsory social health insurance). The maximum amount of reimbursement of the costs of the policyholder and (or) the beneficiary may not exceed 6 (six) percent of the paid insurance premium calculated on the expiration date of the compulsory employee accident insurance contract concluded between the policyholder and the insurer.

An important point for citizens of the Republic of Kazakhstan is that if the list of documents necessary for reimbursement of costs is available in electronic form in databases or information systems of state bodies, it is not required to be provided by the policyholder or beneficiary. The insurer can access this information through the organization responsible for maintaining the database.

To calculate the amount of compensation, the insurer obtains the necessary documents from the database or information system with the consent of the beneficiary through the same organization.



The insurer is still responsible for reimbursing costs associated with rehabilitation measures for events that occur during the validity period of the employee's mandatory accident insurance policy. After the initial determination of the degree of loss of ability to work due to an injury, the injured employee is entitled to receive compensation for the costs of one sanatorium treatment, regardless

of their individual rehabilitation program. The reimbursement of these expenses is carried out up to a maximum of 100 times the monthly index established by law for the corresponding financial year in the republican budget. This compensation is based on documents confirming the expenses incurred.

**Table 1 - Appendix 3 to the Rules for Reimbursement of costs for preventive (or) rehabilitation measures. Measures for social and (or) vocational rehabilitation**

<b>1. Social rehabilitation</b>	psychological support, assistance and correction services;
	medical and psychological consultations;
	consultations on rehabilitation and a healthy lifestyle.
<b>2. Professional rehabilitation</b>	workplace modernization to improve work processes and employee adaptation;
	training in professional retraining and advanced training courses;
	provision of therapeutic and preventive nutrition for medical reasons;
	auto-correction (use of bandages, orthoses, corsets) depending on the working conditions and the production process.
<b>3. Restorative and reconstructive rehabilitation</b>	rehabilitation and rehabilitation therapy (medication, physical, occupational therapy, kinesiotherapy, manual therapy, spa recreation);
	reconstructive surgery: services for restoring the integrity of the human body systems responsible for movement, restoring the biological functions of the skin, maximizing functional abilities and recovery, minimizing the consequences caused by an industrial accident;
	prosthetic and orthopedic care (selection and use of means of movement, orthoses, orthopedic shoes);
	development and training of programs using step-by-step tasks and actions as a prerequisite for involvement in functional training in elementary self-care activities (including self-care).
<b>4. Speech therapy and language rehabilitation</b>	clinical and/or instrumental examinations, diagnosis, treatment and management of speech, voice, language, fluency and swallowing disorders that affect the ability to communicate;
	acquisition of communication systems and devices for persons with disabilities in verbal communication.

*Source: compiled from the source [15]*

1. State benefits for disability due to labor injury or occupational disease.

In accordance with Article 937 of the Civil Code of the Republic of Kazakhstan [18], when a citizen is injured or otherwise damaged, the victim's lost earnings (income), which he had or definitely could

have had in connection with the establishment of his degree of loss of professional ability to work in the performance of his labor (official) duties, is subject to compensation for the entire period of disability. This type of compensation payments belongs to the compulsory social insurance system and is regulated



by the Law of the Republic of Kazakhstan "On Compulsory Social Insurance" [19]. The State Social Insurance Fund (Fund) is formed on the basis of social contributions that the employer is obliged to make. In this context, the employer is a payer of social contributions. The employer makes monthly social contributions for its employees in the form of 5% of the salary of each employee. At the same time, an independent employed person, for example, an individual entrepreneur, can also be a payer. The recipient of the social payment is a person for whom payments were made, or who paid social contributions to the State Social Insurance Fund (SSIF). SSIF is established by the state as an off—budget organization and is not included in the state budget system.

In case of compensation for earnings or part of it, the disability pension assigned to the victim in connection with an occupational injury, as well as other pensions assigned both before and after an occupational injury, are not counted towards compensation. Also, the earnings received by the victim after the injury are not counted towards the compensation for harm.

In accordance with paragraph 3 of Article 248 of the Social Code of the Republic of Kazakhstan [20], persons with disabilities of groups I and II are exempt from paying mandatory pension contributions (hereinafter – OPV) if the disability is established indefinitely. These categories can pay OPV upon application (voluntarily).

In accordance with paragraph 6 of Article 248 of the Social Code of the Republic of Kazakhstan, agents for persons with disabilities of groups I and II are exempt from paying mandatory pension contributions from the employer (hereinafter – OPVR), if the disability is established indefinitely.

In accordance with article 26 of the Law "On Compulsory Social Health Insurance", contributions for persons with disabilities (regardless of the group and the validity period of the disability certificate) are paid by the State. Employers are exempt from paying CSHI deductions for employees with disabilities in accordance with paragraph 3 of article 27 of the CSHI Law.

In accordance with paragraph 5 of the Social Code of the Republic of Kazakhstan, people with disabilities receive the state social disability allowance for the entire period of disability (ITU), which depends on the subsistence minimum (PM) established for the current year: disabled people of group I - 2.20 PM, disabled people of group II - 1.83 PM, disabled people of group III - 1.61 PM.

The case method made it possible to apply theoretical knowledge to solving practical problems regarding the monetary coverage of the needs of the injured person during work. This approach compensates for an exclusively scientific approach and provides a broader understanding of the business and market processes.

Case 1. Injury at the production site (see Table 2).

An employee (engineer) of the airline, while performing his official duties at a technical warehouse, was hit on the shoulder as a result of the departure of the mechanism parts.

First aid was provided at the scene by paramedics (a health center paramedic, as the injury was sustained on the territory of the enterprise). Next, the victim was transported to a medical facility. As a result of the accident, according to the Rehabilitation Routing Scale, the patient was assigned 3 (Severe dysfunction and disability), ICD 10 S42 [21].

The treatment was carried out in inpatient conditions, providing round-the-clock medical supervision, treatment, care, as well as the provision of a bed with meals.

After the transfer of the patient from the specialized department to the rehabilitation department within the same medical organization, physiotherapy and massage, as well as consultations with other specialists, are prescribed according to indications. All of the above expenses were covered under the CSHI.

At the company, at the scene of the accident, occupational safety and health specialists took measures to organize an investigation of the accident and prepare investigation materials, and notifications of the incident were sent to a number of authorities. The accident was classified by

the commission conducting the investigation as an industrial accident, as a result of which an industrial accident act was issued. One copy of the act on the investigation of a group industrial accident, together with copies of the investigation materials, was sent to the executive body of the insurer (within three days). Upon notification of an insured event that occurred during the period of insurance coverage under the employee's compulsory accident insurance contract, the insurer immediately registered it and submitted information on this insured event to the organization for the formation and maintenance of a database in accordance with the regulatory legal act of

the authorized body for regulation, control and supervision of the financial market and financial organizations.

During the medical examination, the degree of loss of professional ability to work was determined from thirty to fifty-nine percent, inclusive, for 6 months. The victim required additional expenses caused by damage to his health, which are not included in the costs of medical care provided within the guaranteed volume of free medical care and in the compulsory social health insurance system. These expenses are covered by the insurance company in the amount of 500 MCI for 2024 (3,692 tenge).

**Table 2 - Calculation according to case No. 1 on medical rehabilitation (loss of professional ability to work from 30 to 59%)**

Sources of payment	Tenge
1. Guaranteed volume of free medical care, including [22-24]:	<b>49 080</b>
1.1 Emergency medical care (transportation to a medical institution)	18 000
1.2. MRI of the shoulder joint	22 000
1.3. Examination by a doctor (primary) - surgeon	2 700
1.4. Primary surgical treatment of the wound	3 700
1.5. Novocaine blockade	1 300
1.6. Dressing	1 380
2. Compulsory social health insurance, including [25-31]:	<b>223 000</b>
2.1. Round-the-clock medical supervision, treatment, care, 10 days (12,000 tenge for 1 day, observation and care of a patient in a hospital)	120 000,00
2.2. Provision of a bed with meals, 10 days (4,200 for 1 day, stay in an inpatient ward)	42 000,00
2.3. Physiotherapy (1,500 tenge per session)	15 000
2.4. Massage (2500 tenge per session)	25 000
2.5. Consultations with other specialists (Doctor's consultation (first category) - 4200 tenge per 1 appointment)	21 000
<b>3. Compulsory insurance of employees against accidents in the performance of their work (official) duties</b>	<b>2 053 000</b>
3.3. Additional expenses caused by damage to the employee's health (up to 500 MCI, where the MCI is 3,692 tenge in 2024)	1 846 000
3.4. Reimbursement of preventive measures to the policyholder (6% of the insurance premium) $3450000 \times 6\% = 207,000$ tenge	<b>207 000</b>
<b>Total:</b>	<b>2 325 080</b>

Source: compiled from the source [15]

In accordance with Chapter 2 of the Rules for Reimbursement of Costs for Preventive Measures and (or) Rehabilitation Measures, the insurer, in addition to reimbursing the additional costs specified above, reimburses the policyholder and (or) the beneficiary for the costs actually incurred (part of the costs) for preventive measures (according to the list) within the insurance amount provided for by the compulsory insurance contract an employee from accidents. The maximum amount of reimbursement of the costs of the policyholder and (or) the beneficiary may not exceed 6 (six) percent of the paid insurance premium calculated on the expiration date of the compulsory employee accident insurance contract concluded between the policyholder and the insurer.

Reimbursement was carried out by the insurer to the current account of the policyholder and (or) the beneficiary, opened in a second-tier bank and indicated in the application, within 7 (seven) business days from the date of receipt of the application and all documents.

Case 2. Injury at the production site (covered by the loss of earnings for 6 months by the insurance company, see Table 3).

An employee of a transport company, while performing his official duties at the workplace (warehouse of goods), suffered a head injury as a result of a fall of incorrectly fixed loads (goods / parts) of vehicles.

First aid was provided at the scene, which was provided by medical workers (a health center paramedic, since the injury occurred on the territory of the enterprise). Next, the victim was transported to a medical facility. As a result of the accident, according to the Rehabilitation Routing Scale, the patient was assigned 4 (Gross dysfunction and disability), ICD 10 S01.9 [20]. Treatment was provided in inpatient conditions, providing round-the-clock medical supervision, treatment, care, as well as the provision of a bed with meals.

After the transfer of the patient from the specialized department to the rehabilitation department within the same medical organization, physiotherapy and massage, as well as consultations

with other specialists, are prescribed according to indications. All these expenses were covered within the framework of the CSHI.

At the company, at the scene of the accident, occupational safety and health specialists took measures to organize an investigation of the accident and prepare investigation materials, and notifications of the incident were sent to a number of authorities. The accident was classified by the commission conducting the investigation as an industrial accident, as a result of which an industrial accident act was issued. One copy of the act on the investigation of an industrial accident, together with copies of the investigation materials, has been sent to the executive body of the insurer (within three days). Upon notification of an insured event that occurred during the period of insurance coverage under the employee's compulsory accident insurance contract, the insurer immediately registered it and submitted information on this insured event to the organization for the formation and maintenance of a database in accordance with the regulatory legal act of the authorized body for regulation, control and supervision of the financial market and financial organizations.

As a result, a monthly insurance payment was assigned to the injured employee as compensation for damage related to the loss of earnings (income) by the employee in connection with the establishment of the degree of loss of professional ability from 60 to 89 percent inclusive, which is carried out by the insurer for a period of 6 months (where it is necessary to take into account that the amount of average monthly earnings (income), taken into account for the calculation to be reimbursed for lost earnings (income) does not exceed ten times the minimum wage, established for the relevant financial year by the law on the republican budget, on the date of conclusion of the contract of compulsory insurance of an employee against accidents.)

Compensation was carried out by the insurer to the current account of the policyholder and (or) the beneficiary, opened in a second-tier bank and indicated in the application after the fact of confirmation of the insured event.

**Table 3 - Calculation according to case No. 2 for medical rehabilitation (taking into account the insurance company's coverage of the loss of earnings for 6 months)**

Sources of payment	Tenge
1. Guaranteed volume of free medical care, including [22-24]:	<b>41 700</b>
1.1 Emergency medical care (transportation to a medical institution)	18 000
1.2. MRI of the head	21 000
1.3. Examination by a doctor (primary) -surgeon	2 700
1.4. Primary surgical treatment of the wound	3 700
1.5. Novocaine blockade	1 300
1.6. Dressing	1 380
2. Compulsory social health insurance, including [25-31]:	<b>474 300</b>
2.1. Round-the-clock medical supervision, treatment, care, 24 days (12,000 tenge for 1 day, observation and care of a patient in a hospital)	288 000,00
2.2. Provision of a bed with meals, 24 days (4,200 for 1 day, stay in the ward of the inpatient department)	100 800,00
2.3. Physiotherapy (1,500 tenge per session)	22 500,00
2.4. Massage (2500 tenge per session)	37 500,00
2.5. Consultations with other specialists (Doctor's consultation (highest category) - 5000 tenge for 1 appointment)	25 000,00
3. Basic income (MCI 3,692 tenge in 2024; minimum wage 85,000 tenge in 2024, the legal limit is 850 000 tenge) :	<b>3 236 000</b>
4.1. Compensation for lost earnings for 6 months* Approximately	510 000
4.2. Monthly insurance payment to an employee as compensation for damage at work for 6 months* Approximately	70 833
4.3. Additional expenses caused by damage to the employee's health (up to 750 MCI, where the MCI is 3,692 tenge in 2024)	2 769 000
4.4. Reimbursement of preventive measures to the policyholder (6% of the insurance premium) $3450000 \times 6\% = 207,000$ tenge	207 000
<b>Total:</b>	<b>3 992 500</b>

Source: compiled from the source [15]

**Conclusion.** Based on the findings of the study, several conclusions can be drawn. There is a substantial body of research dedicated to the specific aspects of industrial accidents and occupational diseases in various countries, including an analysis of the state's role in this context. To examine the state's involvement, the legal framework of the Republic of Kazakhstan is presented, along with case studies used for analysis.

Within the scope of this research, the constructed scenarios by the authors revealed that the allocated amounts within the legally established limits are insufficient to meet all the needs of those

affected. The developed set of scenarios allowed for a comparison of market prices in Kazakhstan, considering the legally defined resources.

Overall, Kazakhstan demonstrates a commendable approach in its policy-making, grounded on-The right to compensation is designed to safeguard the rights and interests of individuals who have suffered harm in the course of their employment. However, in order to identify additional incentives for allocating financial resources towards supporting victims, expanding infrastructure, and enhancing the quality of rehabilitation centers across the country, it is essential to examine the experiences of various

nations. These measures should be aligned with the most pressing issues in the realm of social security.

The role of the state in the development of medical rehabilitation in Kazakhstan is one of the central, determining ones. First of all, we are talking about the creation of favorable economic and political conditions, which researchers attribute to the number of determining factors in the development of medical rehabilitation services provided within the framework of insurance coverage. In the context of economic conditions, we are talking about the degree of state regulation of the industry. The rules for reimbursement of expenses for preventive (or) rehabilitation measures, social and (or) professional rehabilitation measures include a fairly wide range of services, which today are quite expensive services and goods on the market of Kazakhstan. According to the

researchers, the examples given in the cases are the minimum package of what the victim will be able to receive and do not confirm sufficient data of services for the recovery of the sick person and his successful return to society. This study is only the initial stage, reflecting market realities, and the data for a comparative analysis of the level of adequate insurance coverage should still be studied in subsequent studies.

**Financing:** *The scientific results were obtained within the framework of program-targeted funding by the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan (scientific and technical program No. BR22182673 «Transformation of the state mechanism of social guarantees in respect of persons employed in harmful working conditions in the modern context».*

### References

1. Forastieri, V. Improving health in the workplace: ILO's framework for action. -2014.  
URL: <https://www.ilo.org>
2. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury. 2000-2016: global monitoring report. -2021. URL: <https://www.who.int/news/item/16-09-2021-who-ilo-almost-2-million-people-die-from-work-related-causes-each-year>.
3. YU.N.Pronin, V.G.Prisenko. Medicinskaya reabilitaciya postradavshih na proizvodstve. -2013.  
URL: <https://cyberleninka.ru> (data obrashhenija: 30.07.2024) [in Russian]
4. Abdalla S., Apramian S.S., Cantley L.F., Cullen M.R. Occupation and risk for injuries / In: Mock C.N., Nugent R., Kobusingye O., Smith K.R. (Eds.) // Injury Prevention And Environmental Health, 3rd edition The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington (DC). -2017. DOI 10.1596/978-1-4648-0522-6\_ch6
5. Rusli Bin N. Rising trend of work-related commuting accidents, deaths, injuries and disabilities in developing countries: a case study of Malaysia // Ind. Health. -Vol. 52 (4). -P. 275-277.  
DOI 10.2486/indhealth.52-275. 2014
6. Vega-Calderón L., Almendra R., Fdez-Arroyabe P., Zarrabeitia M.T., Santurtún A. Air pollution and occupational accidents in the Community of Madrid, Spain // Int. J. Biometeorol. -2021. -Vol. 65 (3). -P. 429-436. DOI 10.1007/s00484-020-02027-3 Mar
7. Campolieti M, Gunderson MK, Smith JA. The effect of vocational rehabilitation on the employment outcomes of disability insurance beneficiaries: new evidence from Canada // IZA J Labor Pol. -2014. -Vol. 3(10). DOI 10.1186/2193-9004-3-10
8. Fadyl JK, McPherson KM, Schlüter PJ, Turner-Stokes L. Factors contributing to work-ability for injured workers: literature review and comparison with available measures // Disabil Rehabil. -2010.-Vol.32(14). P.1173-1183. DOI 10.3109/09638281003653302
9. Selander J, Marnetoft S-U, Bergroth A, Ekholm J. Return to work following vocational rehabilitation for neck, back and shoulder problems: risk factors reviewed // Disabil Rehabil. -2002.-Vol. 24(14). -P. 704-12. DOI 10.1080/09638280210124284



10. Eurostat (European Statistical Office. Accidents at work statistics I (ESAW). In: Fatal and non-fatal accidents at work, by sex, age groups, injury groups and NACE Rev. 2 economic sectors [hsw\_mi07]. 2022. URL: <https://ec.europa.eu> (data obrashhenija: 30.03.2024).
11. Federal'nyj zakon ot 21.11.2011 № 323-FZ «Ob osnovah ohrany zdorov' ja grazhdan v Rossijskoj Federacii». 2011. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (data obrashhenija 04.05.2024). [in Russian]
12. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya RF ot 31.07.2020 № 788n «Ob utverzhdenii Porjadka organizacii medicinskoj rehabilitacii vzroslyh». 2020. URL: <https://normativ.kontur.ru> (data obrashhenija 04.05.2024) [in Russian]
13. Prikaz Ministra zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 7 oktjabrja 2020 goda № ҚР DSM-116/2020. Zaregistrirovan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 9 oktjabrja 2020 goda № 21381. 2020. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021381>. (data obrashhenija 04.05.2024). [in Russian]
14. Prikaz Ministra zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 7 aprelja 2023 goda № 65. Zaregistrirovan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 10 aprelja 2023 goda № 32263. 2023. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300032263>. (data obrashhenija 10.05.2024). [in Russian]
15. Prikaz Ministra truda i social'noj zashhity naselenija Respubliki Kazahstan ot 31 janvarja 2024 goda № 20. Zaregistrirovan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 2 fevralja 2024 goda № 33965. 2024. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2400033965>. (data obrashhenija 10.05.2024). [in Russian]
16. Zakon respubliky Kazahstan. Ob objazatel'nom strahovanii rabotnika ot neschastnyh sluchaev pri ispolnenii im trudovyh (sluzhebnyh) objazannostej. 2024. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1052939](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1052939). (data obrashhenija 11.05.2024). [in Russian]
17. Trudovoj kodeks Respubliki Kazahstan. 2024. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=38910832](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38910832). (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
18. Grazhdanskij kodeks Respubliki Kazahstan (osobennaja chast'). 2024. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1013880](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1013880). (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
19. Zakon Respubliki Kazahstan Ob objazatel'nom social'nom strahovanii. 2023. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=32615593](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=32615593). (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
20. Social'nyj kodeks Respubliki Kazahstan. 2024. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=36492598](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36492598). (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
21. Mezhdunarodnaja klassifikacija boleznj 10-go peresmotra (МКБ-10). URL: <https://mkb-10.com/>. (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
22. A. Ivanilova. Skol'ko stoit odin vyzov «skoroy pomoshhi» k pacientu v Kazahstane. 2017. URL: <https://mk-kz.kz/articles/2017/08/19/skolko-stoit-odin-vyzov-skoroy-pomoshhi-k-pacientu-v-kazahstane.html>. (data obrashhenija 12.05.2024). [in Russian]
23. DOQ.kz. 2024. URL: <https://doq.kz>. (data obrashhenija 16.05.2024).
24. Gorodskaja polikltnika nomer 25. 2024. URL: <https://www.gkp25.kz/plat>. (data obrashhenija 12.04.2024). [in Russian]
25. KGP na PHV «Vostochno – Kazahstanskij oblastnoj rehabilitacionnyj centr». 2024. URL: <https://www.vkorc.kz/ru/gobmp.html>. (data obrashhenija 12.04.2024). [in Russian]
26. Ambulatornyj centr v g. Ust'-Kamenogorsk. 2024. URL: <https://ambulatory.kz/napravleniya/fiziokabinet/>. (data obrashhenija 12.04.2024). [in Russian]
27. Reabilitacionnyj centr «Saqtasyn (Saktasyn)». 2024. URL: <https://saqtasyn.103.kz/rubric/reabilitacionnye-centry/>. (data obrashhenija 12.03.2024). [in Russian]
28. Reabilitacionnyj centr «Dos Medicus». 2024. URL: <https://dosmedicus.kz/prejskurant-cen>. (data obrashhenija 03.03.2024). [in Russian]
29. Gorodskaja klinicheskaja bol'nica №1. 2024. URL: <https://pervaya.kz/ru/price>. (data obrashhenija 03.03.2024). [in Russian]

30. Gorodskaja kliničeskaja bol' nica №4 Almaty. 2024. URL: <https://gkb4.kz/ru/prejskurant-tsen-na-platnye-uslugi/>. (data obrashhenija 03.03.2024). [in Russian]
31. Tomas.kz. 2024. URL: <https://tomas.kz/t/kostyli-10003/?ysclid=lu7be52wh8945261009>. (data obrashhenija 03.03.2024).

*Information about the authors*

Kurmanov A.M.-Candidate of Economic Sciences, CEO of «Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Kazakhstan», Astana, Kazakhstan, e-mail: [rniiot@rniiot.kz](mailto:rniiot@rniiot.kz);

Bekmagambetov A.B. - Candidate of Legal Sciences, Associate Professor, Deputy Director General for Research of «Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Kazakhstan», Astana, Kazakhstan, e-mail: [adilet1979@mail.ru](mailto:adilet1979@mail.ru);

Sabidullina A.E., Doctoral Student, Senior Researcher, Branch «South» of RSE on the REM «Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Kazakhstan», Almaty, Kazakhstan, e-mail: [sabidullina96@inbox.ru](mailto:sabidullina96@inbox.ru);

Yedilbayeva L.I., Candidate of Medicine, Leading Researcher, Branch «South» of RSE on the REM «Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Kazakhstan», Almaty, Kazakhstan, e-mail: [laura.ibragimovna@gmail.com](mailto:laura.ibragimovna@gmail.com)

*Сведения об авторах*

Курманов А.М. - кандидат экономических наук, генеральный директор РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: [rniiot@rniiot.kz](mailto:rniiot@rniiot.kz);

Бекмагамбетов А.Б., кандидат юридических наук, ассоциированный профессор, заместитель генерального директора по научной работе РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: [adilet1979@mail.ru](mailto:adilet1979@mail.ru);

Сабидуллина А.Е. - докторант, старший научный сотрудник филиала «Южный» РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Алматы, Казахстан, e-mail: [sabidullina96@inbox.ru](mailto:sabidullina96@inbox.ru);

Едильбаева Л.И. - кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник филиала «Южный» РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Алматы, Казахстан, e-mail: [laura.ibragimovna@gmail.com](mailto:laura.ibragimovna@gmail.com)

**CURRENT STATE OF AGRICULTURAL BUSINESSES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THEIR DEVELOPMENT TRENDS IN MODERN CONDITIONS****<sup>1</sup>S. Saginova <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>D. Saparova, <sup>3</sup>V. Stukach**<sup>1</sup>K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,<sup>2</sup>Turan-Astana University, Astana, Kazakhstan,<sup>3</sup>Omsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin, Omsk, Russia<sup>✉</sup>Corresponding author: saginova.s@gmail.com

The purpose of this article is to study the current state and prospects of development of agricultural formations in the Republic of Kazakhstan. The work sets short-term objectives aimed at analysing the current state of agricultural production, investment activity, crop and livestock production, as well as identifying the main factors affecting their development. The long-term objectives of the study are to forecast future trends, develop strategies to improve the sustainability and efficiency of the agro-industrial complex, and form recommendations for improving management decisions. This approach allows taking into account both existing problems and prospects for the transformation of the industry, including the introduction of innovative technologies and the transition to sustainable forms of management.

Methodology used to analyze the development of agricultural businesses in the Republic of Kazakhstan covers a comprehensive approach that includes both quantitative and qualitative methods of analysis, as well as a wide range of information sources to ensure reliability and objectivity of the results.

This work is based on econometric calculations stemming from the analysis of economic indicators affecting development of agricultural businesses with various forms of ownership in the Republic of Kazakhstan. Forecast analysis of their future development trends will improve planning in agro-industrial complex companies and enterprises, as well as in the process of making management decisions to improve the situation in agricultural sectors. The results obtained can be used both to exchange data and for the process of making management decisions, as well as to provide recommendations to improve the situation in the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** agricultural policy, agriculture, investments, agricultural business, trends, trend model, means of production.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ СОҒҒЫ ЖАҒДАЙДАҒЫ ДАМУ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ****<sup>1</sup>С.А. Сагинова <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Д.А. Сапарова, <sup>3</sup> В.Ф. Стукач**<sup>1</sup>Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,<sup>2</sup>Тұран-Астана университеті, Астана, Қазақстан,<sup>3</sup>П.А. Столыпин атындағы Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Омбы, Ресей,  
e-mail: saginova.s@gmail.com

Бұл мақаланың мақсаты – Қазақстан Республикасындағы ауылшаруашылық құрылымдарының қазіргі жағдайы мен даму болашағын зерттеу. Жұмыс аясында ауыл шаруашылығы өндірісінің, инвестициялық белсенділіктің, өсімдік шаруашылығы мен мал шаруашылығының ағымдағы жағдайын талдауға, сондай-ақ олардың дамуына әсер ететін негізгі факторларды анықтауға бағытталған қысқа мерзімді міндеттер белгіленді. Зерттеудің ұзақ мерзімді мақсаттары болашақ тенденцияларды болжау, аграрлық сектордың тұрақтылығы мен тиімділігін арттыру стратегияларын әзірлеу және басқару шешімдерін жетілдіру бойынша ұсыныстарды қалыптастыру болып табылады. Бұл тәсіл инновациялық технологияларды енгізуді және экономиканы басқарудың тұрақты нысандарына көшуді қоса алғанда, саланы қайта құрудың бар проблемаларын да, перспективаларын да ескеруге мүмкіндік береді.

Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының дамуын талдау үшін қолданылатын әдістеме сандық және сапалық талдау әдістерін, сондай-ақ нәтижелердің сенімділігі мен объективтілігін қамтамасыз ету үшін ақпарат көздерінің кең спектрін қамтитын кешенді тәсілді қамтиды.

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасында меншіктің әртүрлі нысандары бар ауылшаруашылық кәсіпорындарының дамуына әсер ететін экономикалық көрсеткіштерді талдаудан туындайтын эконометрикалық есептеулерге негізделген. Олардың болашақтағы даму тенденцияларын болжамды талдау агроөнеркәсіптік кешендегі компаниялар мен кәсіпорындарда, сондай-ақ агроөнеркәсіптік кешендегі жағдайды жақсарту бойынша басқарушылық шешімдер қабылдау процесінде жоспарлауды жақсартуға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер деректер алмасу үшін де, басқару шешімдерін қабылдау процесі үшін де. Сондай-ақ Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешеніндегі жағдайды жақсарту бойынша ұсыныстар беру үшін де пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** аграрлық саясат, ауыл шаруашылығы, инвестициялар, аграрлық формация, тенденциялар, тренд моделі, өндіріс құралдары.

### **НЫНЕСННЕЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬХОЗФОРМИРОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

<sup>1</sup>С.А. Сагинова <sup>✉</sup>, <sup>2</sup>Д.А. Сапарова, <sup>3</sup>В.Ф. Стукач

<sup>1</sup>Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>Университет «Туран-Астана», Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия,  
e-mail: saginova.s@gmail.com

Целью данной статьи является исследование современного состояния и перспектив развития сельскохозяйственных формирований в Республике Казахстан на основе прогнозов. В работе проводится анализ основных аспектов сельского хозяйства, таких как производство, инвестиции, развитие растениеводства и животноводства, и рассматриваются перспективы их трансформации в современных условиях.

Применяемая методология для анализа развития сельскохозяйственных формирований в Республике Казахстан охватывает комплексный подход, который включает в себя как количественные, так и качественные методы анализа, а также широкий спектр информационных источников для обеспечения достоверности и объективности получаемых результатов.

Базой данной работы являются эконометрические вычисления на основе анализа экономических показателей, влияющих на развитие сельскохозяйственных формирований с различными формами собственности в Республике Казахстан. Прогнозный анализ будущих трендов их развития позволит совершенствовать планирование в организациях и предприятиях АПК, а также в процессе принятия управленческих решений по улучшению ситуаций в отраслях сельского хозяйства. Полученные результаты могут быть использованы для обмена информацией и в процессе принятия управленческих решений, а также для предоставления рекомендаций по улучшению ситуации в отраслях АПК Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** аграрная политика, сельское хозяйство, инвестиции, сельскохозяйственное формирование, тенденции, трендовая модель, средства производства.

**Introduction.** Kazakhstan's state agricultural policy proactively engages with agricultural producers to develop an agro-industrial complex. Proper communication between producers of various forms of ownership is essential if we are to avoid gaps in providing basic production resources, which, if implemented properly, helps to reduce costs and ensure efficient delivery of products to

the consumer's table, ultimately contributing to the balanced development of an entire agricultural sector and agro-industrial complex altogether [1].

However, ill-considered actions to quickly replace methods and processes following innovations and global trends can make an already difficult situation in industries even worse. Accordingly, we require a comprehensive analysis, we need to involve both domestic and international scientific experts to transform agro-industrial complex industries into sustainable production (using the principles of a green economy, circular economy, bioeconomy, and other new economic models). Furthermore, the best international practices in these areas might prove beneficial as well. In this context, it is useful to calculate fundamental base of analytical and forecast data, including, but not limited to, mathematical, statistical, and econometric models.

Statistics over the last decades show a period of intense integration, redistribution of property, changes in land use, and restructuring of production the agro-industrial sector had to undergo. This has led abandoning activities requiring a significant amount of labor and resource costs.

In the process of natural agriculture reform, affected by external and internal factors, areas intended for agricultural crops suffered a partial reduction. The rapid decrease in potential is due to poor resource management, negative environmental footprint, and insufficient modernization of equipment and production processes.

Another negative consequence lowering export potential of our agricultural products is non-compliance with international quality standards in general and standards of "clean" organic products in particular. It is no secret that presently the world pays great attention to the food product contents. Should certain goods meet the parameters of organic products, oftentimes their supply volumes are not enough for exporting. Meaning, conditions for generating large volumes of high-quality agricultural products are still to be created.

One of the points that need urgent changes is creation of effective agribusinesses for further

scaling and intensification of production [2].

In light of this, studying issues and prospects for the development of an agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan requires an in-depth analysis of the activities of agricultural enterprises. This will allow disclosure of hidden reserves and their use in new types of activities and methods that will be used to organize labor in the country's agricultural sector.

The international experience shows that transitioning to a sustainable development in the long term helps to significantly improve the quality of natural resources, agricultural raw materials, and finished products of the agricultural sector, as well as increase labor productivity. A preliminary regional analysis of the agro-industrial complex's development problems and agricultural formations of the country is required if we are to choose the most suitable and most effective way to address them [3].

**Materials and Methods.** In order to analyse the prospects for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan, this study has chosen a trend model, in particular the linear trend model, which allows to effectively approximate historical data and forecast future changes in key agricultural factors. The choice of this method is due to several circumstances, including stability and predictability of changes in the agricultural sphere, availability of data and ease of interpretation of results, which makes the linear trend an optimal tool for solving the set tasks. In the following, the rationale for the choice of this model is given, as well as its applicability in the context of analysing the factors affecting the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan.

The choice of the trend model, in particular the linear trend model, for forecasting the development of factors of the agro-industrial complex (AIC) of the Republic of Kazakhstan is justified by a number of factors that reflect the specific conditions of agriculture and the data available for analysis.

Firstly, the linear trend allows us to effectively approximate data showing stable, predictable changes, such as long-term fluctuations in yields,



production volumes and prices characteristic of the agricultural sector. In an agricultural economy where changes are gradual and subject to certain patterns, a linear model makes it possible to forecast these changes based on historical data with a reasonably high accuracy.

Secondly, the linear model is easy to apply and interpret, which is especially important for making operational decisions in conditions of limited data, which are often present in the agricultural sector. This approach allows not only to make forecasts based on available statistics, but also to assess long-term development trends without the need for complex computational resources.

Third, the linear model works well when factors of change - such as the economic situation, natural conditions or changes in government policy - do not fluctuate significantly and abruptly, which is often the case in Kazakhstan's agriculture. Although more sophisticated models can offer greater accuracy in the face of variable and unstable factors, the linear trend represents the best means for an initial assessment of the prospects for the development of the agro-industrial complex on the basis of available data. Thus, the trend model, and in particular the linear trend, is a reliable tool for building forecasts in the agricultural sector, providing the necessary results with minimal data requirements and complex calculations, which is especially important when resources for more sophisticated methods are limited.

Kazakhstan's agro-industrial sector is presented by the following main forms of management: large agricultural enterprises, medium-sized farms/peasant farms, and small personal subsidiary farms. Large farms are registered as legal entities while farms, in terms of organizational and legal form, are individual entrepreneurs not bearing legal entity status. Individual entrepreneurs or

peasant farms cultivate approximately 30% of agricultural land. Farm households vary in scale and can be large, medium, or small. Larger farms are most common up north where the land is more than 5,000 hectares. Accordingly, medium and small farms are mainly concentrated down south. Medium-sized farms in the southern regions can vary between 3 and 500 hectares making about a third of their area. Although we have excluded personal subsidiary farms as a form of management from the point of view of economic organization, they remain significant producers of agricultural products, especially livestock. As a rule, personal subsidiary households (hereinafter referred to as PSF) are small home farms keeping one to three cows, sheep, and goats, sometimes poultry. They may also keep a small vegetable garden between several hundred square meters and 0.25-1 ha.

Just as elsewhere in the world, in Kazakhstan's modern conditions, the role of limited liability partnerships, agriholdings, etc. is showing a growing trend. "Green" clusters' role is increasing just as well [4]. Investing in Kazakhstan's agricultural sector will contribute to development of small and medium-sized businesses in livestock and crop production sectors. However, being competitive means producers must go organic and switch over to "green" technologies [5].

Over the past five years, agriculture has been enjoying significant investments amounting to approx. 1.7 trillion tenge in subsidies. This includes 486.7 billion tenge for livestock farming, 366.8 billion tenge for crop production, and 729.3 billion tenge as financial instruments.

Table 1 shows Kazakhstan's main economic statistics for the past period of time. Studying its trend allows us to get an idea of the organizational form development in our agriculture.

**Table 1 - Main Indicators of the Republic of Kazakhstan's Agro-Industrial Complex Between 2020 and 2023**

Indicators	2020	2021	2022	2023	2023 to 2022 Change, Per Cent
Gross Output of Agricultural Products (Services), Billion Tenge	6,364.0	7,549.8	9,521.0	7,625.2	-19.93
Gross Livestock Production in the RK, Million Tenge	3,687,310.3	4,387,236.5	5,808,259.8	7,218,965.5	24.28
Region-Wise, Million Tenge					
Akmola	202,790.8	264,476.3	321,137.9	358,160.61	11.54
Aktobe	202,120.1	242,888.8	259,290.5	292,278.92	12.73
Almaty	430,331.6	475,467.6	376,980.4	444,495.00	17.92
Atyrau	48,764.2	70,076.1	81,324.7	89,457.86	10.00
West Kazakhstan	127,066.5	146,379.9	167,183.6	185,025.57	10.67
Zhambyl	161,919.3	175,418.4	215,045.4	229,674.79	6.80
Karaganda	215,670.5	275,683.8	225,605.3	279,172.76	23.75
Kostanay	160,750.3	188,280.0	207,066.0	231,400.73	11.77
Kyzylorda	52,888.5	60,882.3	68,282.2	75,249.63	10.19
Mangystau	15,417.8	18,057.3	23,208.8	24,105.43	3.86
Pavlodar	147,999.6	167,474.1	203,273.3	216,632.56	6.56
North Kazakhstan	178,087.7	219,863.2	263,024.8	280,949.95	6.80
Turkestan	304,785.1	362,230.9	401,717.6	434,228.12	8.09
East Kazakhstan	365,954.5	421,154.3	255,844.4	338,722.86	32.36
The City of Astana	151.7	148.9	157.8	140.26	-11.13
The City of Almaty	826.3	658.0	705.4	267.25	-62.12
The City of Shymkent	21,936.2	27,833.8	26,120.8	30,659.71	17.37
Gross Crop Production in the RK, Million Tenge	2,637,460.7	3,116,973.5	3,658,757.6	4,227,405.9	15.53
Akmola	468,740.5	475,525.0	770,299.9	808,414.53	4.95
Aktobe	123,040.1	132,008.1	196,735.8	204,241.09	3.81
Almaty	531,894.2	610,353.1	391,848.6	528,890.79	34.97
Atyrau	36,286.8	42,241.8	52,902.8	56,891.53	7.53
West Kazakhstan	69,650.8	94,765.2	131,714.4	141,130.49	7.15
Zhambyl	229,015.6	302,261.7	363,509.1	410,694.51	12.98
Karaganda	167,721.0	217,338.7	254,301.4	283,819.49	11.61
Kostanay	430,972.8	415,585.4	811,647.3	810,008.53	-0.20
Kyzylorda	89,524.2	108,578.3	117,693.8	133,345.34	13.29
Mangystau	3,579.7	3,465.0	5,136.4	4,941.05	-3.81

Indicators	2020	2021	2022	2023	2023 to 2022 Change, Per Cent
Pavlodar	154,089.4	260,633.1	314,082.3	356,741.13	13.60
North Kazakhstan	598,313.9	679,297.0	909,326.2	995,276.45	9.45
Turkestan	438,023.1	567,578.9	648,470.7	738,890.48	13.96
East Kazakhstan	325,022.8	454,045.6	288,634.0	407,674.73	41.28
The City of Astana	345.4	354.2	412.3	352.34	-14.54
The City of Almaty	6,662.9	7,077.6	4,338.8	5,816.01	34.03
The City of Shymkent	14,426.9	16,127.9	17,572.4	17,259.90	-1.78
Fixed Investment, Billion Tenge	12,270.1	13,242.2	15,251.1	17,649.3	15.72
Registered Legal Entities of the RK by Economic Sectors (Agriculture, Forestry, and Fisheries), Units	18,843	19,991	20,327	20,990	3.26

Note: Compiled by the authors based on data from the Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan

Table 1 shows that in 2023 compared to 2022, gross livestock output rose by 24.3% and gross crop output rose by 15.5%. However, there is a reduction in gross livestock production in rural areas of Akmola and Almaty regions and a reduction in gross crop production in Akmola and Shymkent regions.

**Table 2 - Region Shares in the Total Gross Livestock Output Between 2021 and 2023**

Indicators	2021	2022	2023	2023 to 2021 Ratio, Per Cent
Gross Livestock Output in the RK, Million Tenge	2,411,486.7	3,687,310.3	5,808,259.8	58.48
Region-Wise, Million Tenge				
Akmola	264,476.3	321,137.9	358,160.61	26.16
Aktobe	242,888.8	259,290.5	292,278.92	16.90
Almaty	475,467.6	376,980.4	444,495.00	-6.97
Atyrau	70,076.1	81,324.7	89,457.86	21.67
West Kazakhstan	146,379.9	167,183.6	185,025.57	20.89
Zhambyl	175,418.4	215,045.4	229,674.79	23.62
Karaganda	275,683.8	225,605.3	279,172.76	1.25
Kostanay	188,280.0	207,066.0	231,400.73	18.63
Kyzylorda	60,882.3	68,282.2	75,249.63	19.09
Mangystau	18,057.3	23,208.8	24,105.43	25.09
Pavlodar	167,474.1	203,273.3	216,632.56	22.69
North Kazakhstan	219,863.2	263,024.8	280,949.95	21.74
Turkestan	362,230.9	401,717.6	434,228.12	16.58
East Kazakhstan	421,154.3	255,844.4	338,722.86	-24.34
The City of Astana	148.9	157.8	140.26	-6.16
The City of Almaty	658.0	705.4	267.25	-146.21

Indicators	2021	2022	2023	2023 to 2021 Ratio, Per Cent
The City of Shymkent	27,833.8	26,120.8	30,659.71	9.22

Gross livestock output has shown changes in regional specific weights. Case in point, 2023 compared to previous years (2021 and 2022), as evidenced by the data in Table 2.

**Table 3 - Region Shares in the Total Gross Crop Production Output Between 2021 and 2023**

Indicators	2021	2022	2023	2023 to 2021 Ratio, Per Cent
Gross Crop Production Output in the RK, Million Tenge	2,050,455.8	2,637,460.7	3,658,757.6	43.96
Region-Wise, Million Tenge				
Akmola	475,525.0	770,299.9	808,414.53	41.18
Aktobe	132,008.1	196,735.8	204,241.09	35.37
Almaty	610,353.1	391,848.6	528,890.79	-15.40
Atyrau	42,241.8	52,902.8	56,891.53	25.75
West Kazakhstan	94,765.2	131,714.4	141,130.49	32.85
Zhambyl	302,261.7	363,509.1	410,694.51	26.40
Karaganda	217,338.7	254,301.4	283,819.49	23.42
Kostanay	415,585.4	811,647.3	810,008.53	48.69
Kyzylorda	108,578.3	117,693.8	133,345.34	18.57
Mangystau	3,465.0	5,136.4	4,941.05	29.87
Pavlodar	260,633.1	314,082.3	356,741.13	26.94
North Kazakhstan	679,297.0	909,326.2	995,276.45	31.75
Turkestan	567,578.9	648,470.7	738,890.48	23.18
East Kazakhstan	454,045.6	288,634.0	407,674.73	-11.37
The City of Astana	354.2	412.3	352.34	-0.53
The City of Almaty	7,077.6	4,338.8	5,816.01	-21.69
The City of Shymkent	16,127.9	17,572.4	17,259.90	6.56

Table 3 data analysis also shows a reduction in the share of gross crop production in the total volume in 2023 compared to previous years. This affected heavily the Almaty, Zhambyl, and East Kazakhstan regions (please refer to Table).

Table 1 shows an increase in the total number of large and medium-sized farms that are legal entities, ultimately reaching 20,090 units in 2023, which makes 4% of the total number of registered enterprises and legal entities operating in other sectors.

The growth in gross output, investment volume, and the number of registered legal entities indicate a clear progress. These changes are likely the result

of integrated efforts in agriculture and increased investor interest in the agro-industrial sector. Additionally, state support can play an important role in these economic indicators' growth since over the specified period, agricultural subsidies from the state budget grew to reach 408.7 billion tenge in 2022 (226.2 billion tenge in 2018, 356.3 billion tenge in 2019, 384.8 billion tenge in 2020, and 450 billion tenge in 2021).

Let us analyze evolution of key quantitative indicators of legal entity development in the Republic of Kazakhstan in the agricultural, forestry, and fishery sector. We shall look at various types of ownership, too. Based on the statistical data

presented in Table 4, this will allow us to understand country and their contribution to the economy and development trends of agricultural structures in the food security.

**Table 4 - The number of the RK’s Active Legal Entities of Various Types of Ownership by Economic Sectors (Agriculture, Forestry, and Fisheries) for the Period between 2018 and 2023**

Indicators	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023 in Per Cent to 2018
Registered, privately owned, legal entities by sectors, units	17,007	17,582	18,497	19,632	19,935	20,720	121.8
Active, state owned, legal entities by sectors, units	72	72	65	67	63	61	84.7
Active, foreign owned, legal entities, units	236	263	281	292	314	332	140.6
Active small and medium-sized businesses, peasant, or farm enterprises, units	231,312	252,264	260,781	261,071	275,776	285,561	123.4

Note: Compiled by the authors based on data from the Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan

The above table shows an increase in the number of registered agribusinesses for all forms of ownership, except for the state-owned ones.

Account must be taken of the fact that registered, private-owned, legal entities in the Republic of Kazakhstan’s agricultural sector include agricultural cooperatives. There were 3,284 of those at the end of 2022, employing over 7.3 thousand people [6].

Quantitative forecasting analysis that uses a structured trend method based on actual economic growth data will show promising areas for the development of agribusinesses [7, 8]. In this case, trend forecasting method was used in an attempt to calculate the trend in changes in the number of Kazakhstan’s agribusinesses until 2026.

We use statistical time series to analyze dynamics of economic phenomena. Levels of these series are determined by various factors affecting both long-term and short-term, including random effects. Changes in the conditions for the development

of these phenomena are reflected in the level of phenomena in question over time [9, 10].

To demonstrate application of the extrapolation method, we shall use time series data reflecting the activities of legal entities operating in agriculture, forestry, and fisheries in the Republic of Kazakhstan for the period between 2018 and 2023 as shown in Table 4.

To start with, we determine parameters of the equation calculated by the least squares method.

For the calculated data, the system of equations is as follows:

$$\begin{cases} 6a + 21b = 113373 \\ 21a + 91b = 410185 \end{cases}$$

From the first equation, we express a and substitute it into the second equation. For the result, we get a = 764.543, b = 16,219.6.

Calculation table 5 shows quality assessment values of the equation parameters.



**Table 5- Calculated quality assessment of the equation parameters**

t	y	y(t)	(y <sub>i</sub> -y <sub>cp</sub> ) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> -y(t)) <sup>2</sup>	(t-tp) <sup>2</sup>
1	17,007	16,984.143	3,566,432.25	522.449	6.25
2	17,582	16,984.143	1,725,282.25	27,784.127	2.25
3	18,497	18,513.229	158,802.25	263.367	0.25
4	19,632	19,277.771	542,432.25	125,477.881	0.25
5	19,935	20,042.314	1,080,560.25	11,516.356	2.25
6	20,720	20,806.857	3,328,800.25	7,544.163	6.25
		113,373	10,402,309.5	173,108.343	17.5

Note: Compiled by the authors based on calculations

Let us perform an evaluation check of the accuracy of the trend model equation's calculated parameters and test the hypotheses regarding

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - y_t)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = 0.9834$$

The calculated value characterizes 98.34% of cases of *t*-influence on the change of the result factor *y*. Otherwise speaking, trend equation modeling accuracy is high.

**Results and Discussions.** The study analyzed the relationship between the indicator “Number of Registered Legal Entities of the Republic of Kazakhstan by Sectors of the Economy with Private Ownership” and the time factor. In the process of defining the model, we selected a linear trend

and analyzed its parameters using the least squares method.

According to the research results, it was found that 98.34% of the total variability of the factor indicator value is associated with a change in the time parameter. In addition, it was found that the model parameters have statistical significance. It is possible to carry out an economic interpretation of these parameters, which shows that the average increase in the factor indicator value is 764.543 units with each change in the time factor.

The model used for forecasting based on selected key factors with  $R^2$  probability levels clearly shows that if current development trends are maintained, the forecast value is consistent with the calculated value of the identified dynamics of change in indicators (Table 6).

**Table 6 - Forecast Values of the Indicators “Number of Operating Legal Entities of Various Types of Ownership in the Republic of Kazakhstan by Economic Sectors (Agriculture, Forestry, and Fisheries)” for the Period Between 2024 and 2026**

Indicators	2024	2025	2026
Registered, privately owned, legal entities by sectors, units	21,571	22,336	23,100
Active, state owned, legal entities by sectors, units	59	56	54
Active, foreign owned, legal entities, units	351	369	388
Active small and medium-sized businesses, peasant, or farm enterprises, units	295,335	305,108	314,882

Note: Compiled by the authors based on calculations

The study focused on quantitative data, which allowed us to formulate accurate and tangible forecasts for Kazakhstan's agro-industrial complex.

It should be emphasised that the impact of qualitative factors, such as climate change or access to technology, does not pose a significant risk

to the accuracy of the forecasts in this analysis. The influence of these factors, although important for long-term development, does not currently have a significant effect on general trends in agriculture, especially in the short term, which is confirmed by the stability of historical data. Moreover, quantitative data based on current trends allow for a fairly accurate forecast of the main directions of the industry's development, as many of these qualitative factors have not yet shown sharp fluctuations that could significantly change the dynamics. In the future, it will be possible to take these factors into account in case of their more pronounced influence, but at the moment their impact on the forecasted indicators remains limited.

The results of forecasting economic processes using a model based on data dynamics as shown in studies by various authors, turned out quite convincing.

Based on the modeling results, we can formulate a comprehensive idea of the current state and prospects for the development of agricultural businesses in Kazakhstan. These findings may be useful for strategy development, decision-making, and planning future activities in agricultural sector.

The practical value of the results obtained is that the forecast data can be used to optimise management decisions in the agro-industrial complex of Kazakhstan. In particular, the following aspects of management can be improved on the basis of the proposed forecasting model:

- Production planning, due to the fact that forecasts based on historical data can help agricultural enterprises to plan production volumes more accurately and minimise the risks of overproduction or shortage of products. This is important for efficient resource utilisation and loss prevention;

- Building pricing policy and marketing, by forecasting the dynamics of prices for agricultural products, which allows to optimise pricing strategy and increase the competitiveness of products in domestic and foreign markets. Companies will be able to calculate more accurately when it is more profitable to sell products and when to hold them

for sale in the future;

- Resource and inventory management also needs predictive data to help plan resource requirements (fertiliser, seed, fuel, etc.) more accurately, and to optimise logistics and inventory management, which will reduce procurement and storage costs;

- Investment decision-making relies directly on forecasts, in the agricultural sector, which can help enterprises to better justify long-term investments, for example, in expanding production capacity, purchasing new machinery or introducing innovative technologies such as precision farming systems;

- Using forecasts to assess possible risks associated with climate change, global price fluctuations and other external factors will allow enterprises to take early action to minimise risks and adjust long-term strategies.

The chosen research method is unequivocally based on modeling economic indicators. In this case, it is based on development trends in GDP data for agriculture and quantitative data of the research object and investments. It does not reflect qualitative indicators and other factors affecting the current situation and further development of agribusinesses in the country. However, as a basis for an in-depth subject study of this topic, we consider the results of this study both relevant and applicable.

Recognizing positive trends in the development of agribusinesses, we feel important to note that at the moment, agriculture's development level and its contribution to the national GDP remain low compared to previous decades.

We believe that transitioning to an economic model focused on the effective development of all forms of agricultural enterprises analyzed in this study will effectively address issues of developing the agro-industrial complex, growing agricultural production, which will ultimately contribute to ensuring food security and improving living standards.

**Conclusions.** As a result of the study aimed at analysing the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan, it was revealed that the

transition to an economic model focused on the effective development of all forms of agrarian enterprises is a key step in solving the existing problems of agriculture. This, in turn, will have a positive impact on the growth of agricultural production, which contributes to improving food security and improving the quality of life of the country's population.

Based on the findings and analysis of the current situation in the agro-industrial complex, several important recommendations for public policy and private business to support sustainable agricultural development can be identified.

Recommendations for public policy:

- Development of agricultural infrastructure: To improve the conditions for agriculture in remote areas of Kazakhstan, it is necessary to increase investment in infrastructure, including transport networks, product storage, water supply and electricity. Creation of modern logistics chains will help to reduce costs and increase the competitiveness of agro-producers;

- Support for the introduction of innovative technologies: It is necessary to develop programmes that stimulate the introduction of new technologies in agriculture. The inclusion of subsidies for the purchase of machinery, the creation of educational centres to train farmers in modern agricultural methods, and tax incentives for those using innovative and environmentally friendly technologies can help to increase the productivity and sustainability of the sector;

- Ensuring access to finance for small and medium-sized agricultural producers: Creating more accessible financial instruments for small and medium-sized agricultural producers, such as soft loans, state support programmes and loan rate subsidies, will increase investment in the development of small agribusinesses and improve their competitiveness;

- State support for green technologies: State support mechanisms should be developed

and implemented to promote sustainable and environmentally friendly technologies such as organic farming, water conservation and carbon reduction technologies. This could include both direct financial support and certification programmes for environmentally friendly products.

Recommendations for private business:

- Invest in green technologies: Private agricultural enterprises should focus on long-term investments in environmentally friendly technologies. The introduction of organic farming, energy efficient irrigation methods, use of renewable energy sources (solar panels, biogas) will not only improve environmental sustainability, but also create a competitive advantage in international markets where consumers are increasingly oriented towards environmentally friendly products;

- Optimisation of business processes: It is recommended to optimise internal processes to improve efficiency and reduce costs. This includes implementing inventory management systems, improving logistics and automating business processes. Developing and implementing digital platforms for trade and marketing of agricultural products will help entrepreneurs enter new markets and provide more accurate control over processes;

- Training and professional development of employees: To improve the quality of work and competitiveness in agribusiness, it is necessary to organise courses and trainings for employees aimed at teaching modern farming methods, use of new technologies and innovative approaches in agro-production. This will help to create a more skilled labour force and increase productivity;

- Co-operation with scientific institutions and public authorities: Private business should actively co-operate with scientific institutions to develop and implement innovative solutions, as well as with public authorities to obtain affordable financial support and implement subsidies. This co-operation can help to improve product quality and introduce advanced agricultural technologies.

## References

1. Moldashev A.B., Nikitina G.A., Guseva G.YA. Povyshenie roli agropromyshlennogo proizvodstva

- Kazahstana na obshchem rynke stran-uchastnic EAES: rekomendacii.- Almaty, 2017. - 35 s. [in Russian]
- 2 Saparova G.K., Sultanova G.T. Problemy i perspektivy razvitiya agrarnogo proizvodstva v RK v sovremennyh usloviyah: monografiya. -Atyrau: red.izd. centr Atyrauskij universitet nefti i gaza imeni S.Utebaeva, 2020. -218 s. [in Russian]
3. Ishfaq, M., Wang, Y., Xu, J. et al. Improvement of nutritional quality of food crops with fertilizer: a global meta-analysis //Agron. Sustain.-2023. -Vol. 43(74). DOI 10.1007/s13593-023-00923-7
4. Lavrikova YU.G., Malysh E.V. Zelenaya ekonomika v klasternom razvitii // Regional' naya ekonomika: teoriya i praktika. -2014. -№ 36(363). -S. 48-58. URL: <https://cyberleninka.ru> [in Russian]
5. YAnovskaya O.A., Saginova S.A. Prodovol' stvennaya bezopasnost' Kazahstana v usloviyah integracii: problemy i perspektivy: Monografiya. – Karaganda: TOO «Tengri ltd». 2020. - 210 s. ISBN 978-601-7950-91-0 [in Russian]
6. Eldala – novosti i analitika agrarnogo bizneza Kazahstana.- 2023. - URL: <https://eldala.kz> (Extracted on May 26th, 2024) [in Russian]
7. Babich, T.N. Prognozirovaniye i planirovaniye v usloviyah rynka: Uchebnoye posobie / T.N. Babich, I.A. Koz'eva, YU.V. Vertakova, E.N. Kuz'bozhev. - M.: NIC INFRA-M, 2013.- 336 c. [in Russian]
8. Zamkov O.O., Tolstopyatenko A.V., CHERemnyh YU.N. Matematicheskie metody v ekonomike.– M.: Delo i Servis, 2001.- 368 s. ISBN 5-86509-054-2 [in Russian]
9. Malyhin V.I. Matematika v ekonomike. – M.: INFRA-M, 1999.- 355 s. ISBN 5-86225-867-1. [in Russian]
10. Garmash A. N. Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli: uchebnyk dlya bakalavriata i magistratury / A. N. Garmash, I. V. Orlova, V. V. Fedoseev; pod redakciej V. V. Fedoseeva. - 4-e izd., pererab. i dop.- Moskva: Izdatel'stvo YUrajt, 2022. - 328 s. ISBN 978-5-9916-3698-8 [in Russian]

***Information about the authors***

Saginova S.- PhD, Associate Professor, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: [saginova.s@gmail.com](mailto:saginova.s@gmail.com);

Saparova D.- PhD, Turan-Astana University, Astana, Kazakhstan, e-mail: [saparova.ok@mail.ru](mailto:saparova.ok@mail.ru);


Stukach V. - Doctor of Economics, Professor, P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, Russian Federation, e-mail: [vic.econ@mail.ru](mailto:vic.econ@mail.ru).

***Сведения об авторах***

Сагинова С.А. - доктор PhD, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: [saginova.s@gmail.com](mailto:saginova.s@gmail.com);

Сапарова Д.А. - докторант PhD, «Туран-Астана», Астана, Казахстан, e-mail: [saparova.ok@mail.ru](mailto:saparova.ok@mail.ru);

Стукач В.Ф. – доктор экономических наук, профессор, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация, e-mail: [vic.econ@mail.ru](mailto:vic.econ@mail.ru).

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТУРИСТІК СЕКТОРЫНДАҒЫ КӘСІПКЕРЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ ҚОЛДАУ****<sup>1</sup>А.Сабыржан** , **<sup>2</sup>Г.К.Абдраманова**, **<sup>2</sup>А.Т.Тлеубаева**, **<sup>2</sup>М.С.Сиеубаева**<sup>1</sup> Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан,<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Корреспондент-автор: Alisher-aliev-79@mail.ru

Бұл мақала Қазақстан Республикасындағы туристік кәсіпкерлікті дамытудағы технологиялар мен инновациялардың рөлін талдауға арналған. Егжей-тегжейлі статистикалық талдау негізінде авторлар туризм индустриясының өсу динамикасына әсер ететін негізгі макроэкономикалық жағдайлар мен факторларды анықтайды. Жұмыста ұзақ мерзімді экономикалық дамуды қамтамасыз ету үшін экономиканы әртараптандырудың және туристік сектордың тұрақтылығының маңыздылығы көрсетілген. 2022 жылы туристер санының 9 миллионнан астам өскенін көрсететін статистикалық деректерді талдау келтірілген, бұл өткен жылдың көрсеткіштерінен 20% - ға жоғары. 2021 жылы 88,9 млрд теңгені құраған, ал 2023 жылдың басында 98,7 млрд теңгеге жеткен туристік қызметтен түсетін табыс көрсеткіштері қаралды.

Зерттеу туристік қызметтердің сапасын жақсарту және бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін цифрлық технологияларды енгізу сияқты инновациялық тәсілдердің маңыздылығын көрсетеді. Сапалы қонақ үйлердің тапшылығын және экскурсиялық инфрақұрылымның жеткіліксіз дамуын қоса алғанда, инфрақұрылымдық шектеулердің туристік ағынның өсуіне әсері қарастырылуда. Жою үшін туристік инфрақұрылымды жаңғыртуға және кеңейтуге стратегиялық инвестициялар ұсынылды.

Мақалада ұлттық саябақтар сияқты 200-ден астам қорғалатын табиғи аумақтарды пайдалануды қоса алғанда, экологиялық және мәдени туризмнің әлеуеті қарастырылады. Болжамдарға сүйене отырып, мемлекеттік қолдаудың, кластерлік тәсілді дамытудың және халықаралық туристерді тарту үшін маркетингтік стратегияларды қолданудың маңыздылығы атап өтіледі.

Ағымдағы трендтерді талдай отырып, авторлар нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру, кредиттеуді жеңілдету және ұлттық туристік өнімді ілгерілету арқылы кәсіпкерлік белсенділікті одан әрі ынталандыру қажеттілігі туралы қорытындыға келеді. Қонақүйлердің жүктемесін арттыру (70%) және халықаралық орналастыру объектілерінің санын 228 бірлікке ұлғайту туралы деректерді пайдалана отырып, көрсеткіштер ағымдағы кедергілер жойылған жағдайда туристік бизнестің өсу перспективаларын көрсетеді. Зерттеу Қазақстанда туризмнің табысты дамуы экономикалық, әлеуметтік және инфрақұрылымдық ресурстарды интеграциялауға бағытталған кешенді тәсілді талап ететінін атап көрсетеді. Трендтік модельдерге негізделген болжамдар саладағы оң үрдістерді растайды, бұл елдің экономикалық дамуына айтарлықтай үлес қосатынын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** туристік сала, кәсіпкерлік субъектілері, кәсіпкерлік белсенділік, даму факторлары, әртараптандыру, тұрақтылық, туроператор, Инфрақұрылым.

**ПОДДЕРЖКА ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ В ТУРИСТСКОМ СЕКТОРЕ КАЗАХСТАНА****<sup>1</sup>А.Сабыржан** , **<sup>2</sup>Г.К.Абдраманова**, **<sup>2</sup>А.Т.Тлеубаева**, **<sup>2</sup>М. С.Сиеубаева**<sup>1</sup> Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Казахстан,  
e-mail:Alisher-aliev-79@mail.ru

Данная статья посвящена анализу роли технологий и инноваций в развитии туристического предпринимательства в Республике Казахстан. На основе детального статистического анализа, авторы выявляют основные макроэкономические условия и факторы, оказывающие влияние на динамику роста



туристической индустрии. В работе подчёркивается значение диверсификации экономики и устойчивости туристического сектора для обеспечения долгосрочного экономического развития. Приведён анализ статистических данных, демонстрирующие увеличение числа туристов более 9 миллионов в 2022 году, что на 20% выше показателей предыдущего года. Рассмотрены показатели дохода от туристической деятельности, который в 2021 году составил 88,9 млрд тенге, а в начале 2023 года достиг 98,7 млрд тенге.

Исследование выделяет значимость инновационных подходов, таких как внедрение цифровых технологий, для повышения качества туристических услуг и увеличения конкурентоспособности. Рассматривается влияние инфраструктурных ограничений, включая дефицит качественных гостиниц и недостаточное развитие экскурсионной инфраструктуры, на рост туристического потока. Для устранения предложены стратегические инвестиции в модернизацию и расширение туристической инфраструктуры.


В статье рассматривается потенциал экологического и культурного туризма, включая использование более 200 охраняемых природных территорий, таких как национальные парки. Основываясь на прогнозах, подчёркивается важность государственной поддержки, развития кластерного подхода и использования маркетинговых стратегий для привлечения международных туристов.

Анализируя текущие тренды, авторы приходят к выводу о необходимости дальнейшего стимулирования предпринимательской активности через совершенствование нормативно-правовой базы, облегчение кредитования и продвижение национального турпродукта. Используя данные о повышении загрузки гостиниц (70%) и увеличении числа международных объектов размещения, в количестве 228 единиц, показатели демонстрируют перспективы роста туристического бизнеса при условии устранения текущих барьеров.

Исследование подчёркивает, что успешное развитие туризма в Казахстане требует комплексного подхода, направленного на интеграцию экономических, социальных и инфраструктурных ресурсов. Прогнозы, основанные на трендовых моделях, подтверждают положительные тенденции в отрасли, что говорит о значительном вкладе в экономическое развитие страны.

**Ключевые слова:** туристская сфера, субъекты предпринимательства, предпринимательская активность, факторы развития, диверсификация, стабильность, туроператор, инфраструктура.

#### SUPPORT FOR ENTREPRENEURIAL ACTIVITY IN THE TOURISM SECTOR OF KAZAKHSTAN

<sup>1</sup>A.Sabyrzhan , <sup>2</sup>G.Abdramanova, <sup>2</sup>A.Tleubayeva, <sup>2</sup>M.Siyebayeva

<sup>1</sup> Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan,

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,  
e-mail:Alisher-aliev-79@mail.ru

This article is devoted to the analysis of the role of technologies and innovations in the development of tourism entrepreneurship in the Republic of Kazakhstan. Based on a detailed statistical analysis, the authors identify the main macroeconomic conditions and factors influencing the growth dynamics of the tourism industry. The paper emphasizes the importance of economic diversification and the sustainability of the tourism sector to ensure long-term economic development. The analysis of statistical data showing an increase in the number of tourists of more than 9 million in 2022, which is 20% higher than the previous year.

The indicators of income from tourism activities, which in 2021 amounted to 88.9 billion tenge, and in early 2023 reached 98.7 billion tenge, are considered. The study highlights the importance of innovative approaches, such as the introduction of digital technologies, to improve the quality of tourism services and increase competitiveness. The impact of infrastructural constraints, including a shortage of high-quality hotels and insufficient development of excursion infrastructure, on the growth of tourist flow

is considered. Strategic investments in the modernization and expansion of tourism infrastructure are proposed to eliminate this problem. The article discusses the potential of ecological and cultural tourism, including the use of more than 200 protected natural areas such as national parks.

Based on the forecasts, the importance of government support, the development of a cluster approach and the use of marketing strategies to attract international tourists is emphasized. Analyzing current trends, the authors conclude that it is necessary to further stimulate entrepreneurial activity through improving the regulatory framework, facilitating lending and promoting national tourism products. Using data on an increase in hotel occupancy (70%) and an increase in the number of international accommodation facilities, in the amount of 228, the indicators demonstrate the prospects for the growth of the tourism business, provided that current barriers are eliminated. The study emphasizes that the successful development of tourism in Kazakhstan requires an integrated approach aimed at integrating economic, social and infrastructural resources. Forecasts based on trend models confirm positive trends in the industry, which indicates a significant contribution to the economic development of the country.

**Keywords:** tourism industry, business entities, entrepreneurial activity, development factors, diversification, sustainability, tour operator, infrastructure.

**Кіріспе.** Қазақстанның туристік индустриясы экономиканы әртараптандыруға және орнықты дамуға ықпал ететін маңызды секторлардың бірі болып табылады. 2022 жылы елдегі туристер саны 9 миллионнан асты, бұл 2021 жылғы деңгейден 20% жоғары. Туристік қызметтен түсетін табыс 2021 жылғы 88,9 млрд теңгеден 2023 жылы 98,7 млрд теңгеге дейін ұлғайды, бұл саланың оң серпінін көрсетеді. Алайда, қазақстандық туризмнің әлемдік туристік индустрияға қосқан үлесі шектеулі болып қалып отыр, бұл жалпы ағынның 1% - дан азын құрайды. Несиелендірудің қол жетімділігі, жалақы деңгейі және туристік инфрақұрылымның сапасы сияқты макроэкономикалық факторлар саланың дамуына айтарлықтай әсер етеді. 2023 жылдың басында Қазақстанда 2851 қонақ үй жұмыс істейді, оның ішінде халықаралық деңгейдегі 228 нысан, орташа жүктемесі 70 %.

Дегенмен, сапалы қонақ үй қызметтерінің тапшылығы және белсенді және мәдени туризм үшін инфрақұрылымның жеткіліксіз дамуы байқалады. Жаһандану жағдайында саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін инновациялар мен инфрақұрылымдық жобаларға стратегиялық инвестициялау қажет. Цифрлық технологияларды пайдалану қызмет көрсету сапасын жақсартуға және Қазақстанның халықаралық туристер үшін тартымдылығын арттыруға ықпал етеді.

Мысалы, ұлттық саябақтарды қоса алғанда,

200-ден астам қорғалатын табиғи аумақтар экологиялық туризмді дамыту үшін жоғары әлеуетке ие. Мақалада "Қазақстанда туристік индустрияны дамыту инновациялық технологияларды интеграциялау, инфрақұрылымды жақсарту және ресурстарды стратегиялық басқару арқылы мүмкін болады, бұл саланың бәсекеге қабілеттілігін және ел экономикасына қосқан үлесін арттыруға мүмкіндік береді" деген ғылыми гипотеза қалыптастырылды. Зерттеу туризмді дамыту бағдарламаларын іске асыруды және кластерлік тәсілді енгізуді қоса алғанда, мемлекеттік ынталандырудың маңыздылығын көрсетеді. Трендтік модельдерге негізделген 2023-2025 жылдарға арналған болжамдар ағымдағы кедергілерді жою және ресурстарды пайдалануды оңтайландыру шартымен саланың тұрақты өсуін растайды. Мақалада ағымдағы проблемаларды еңсеруге және оның ел экономикасына қосқан үлесін арттыру үшін саланың әлеуетін пайдалануға бағытталған Қазақстандағы туристік кәсіпкерлікті дамытуға кешенді көзқарас қажеттілігі негізделеді.

**Материалдар мен әдістер.** Туризм экономикалық өсу мен қалпына келтірудің маңызды қозғаушы күші болып табылады [1]. Туристік ресурстармен қамтамасыз ету маңызды рөл атқарады, өйткені туристер мен инвесторларды көбірек тарту үшін тартымды орындар мен нысандардың болуы [2].

Қаржы ресурстарын оңтайлы бөлу және білікті

бағыт әлеуметтік ресурстарды тиімдірек пайдалануға ықпал етеді, яғни туристік индустриядағы қаржыны дұрыс басқару кірістердің өсуіне және туристік қызметтердің сапасын жақсартуға ықпал етеді [3]. Туризм индустриясы Қазақстан Республикасын дамытудың басым бағыттарының қатарына кіреді. Ұлттық туризмді дамытуда отандық туристік кластерлер жүйесіне жетекші рөл беріледі. Алайда, қазақстандық туризм әзірге ел экономикасына елеулі үлес қоспай отыр, оның үлесіне әлемдік туристік ағынның 1% - дан азы келеді [4-5]. А.Т. Тілеубердинова, Ж. М. Шаекина экономикалық өсу үшін нарықтық даму мен кәсіпкерлік белсенділіктің маңыздылығына назар аударып, Қазақстандағы туристік кәсіпкерлікті дамытудағы макроэкономикалық факторлардың рөлін талдайды [6].

Регрессиялық талдауға сүйене отырып, сектордағы кәсіпкерлік белсенділікті ынталандырудың негізгі ынталандырушылары ретінде жалақы мен несиелердің қолжетімділігінің маңыздылығы ерекшеленеді. Нәтижелер туризм арқылы елдің экономикалық әлеуетін нығайту үшін шектеулі ресурстарды пайдалануға және инновациялық дамуға неғұрлым стратегиялық көзқарастың қажеттілігін көрсетеді.

Е. А. Вечкинзова, А. С. Дарибекова өз зерттеулерінде Қазақстанның туристік саласын дамытудың маңызды аспектілерін атап өтіп, сектордың ағымдағы жай-күйі мен болашақ әлеуетіне байланысты проблемалар мен перспективаларға назар аударады [7]. Макроэкономикалық жағдайлардың, инфрақұрылымдық шектеулердің және қызмет сапасының туристік ағымға әсері талданады. Технологиялық инновациялар мен тұтынушылардың қалауының өзгеруі саланың дамуына әсер етеді деп болжануда. Ұсыныстар мемлекеттік қолдау арқылы туризмнің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға және тұрақты дамуына бағытталған.

Д.А. Рахметова, А. А. Нұрғалиеваның "Қазақстан Республикасындағы туристік кәсіпкерлік қызметті дамыту бағыттары" атты еңбегінде Қазақстанның туристік саласын талдау нәтижелері келтірілген, инфрақұрылымды жаңғыртуды, елді туристік бағыт ретінде насихаттау үшін

маркетингтік бастамаларды және бюрократиялық рәсімдерді жеңілдетуді қоса алғанда, оны дамытудың негізгі бағыттары айқындалған [8]. Туристік маршруттарды әртараптандыру және туристік кәсіпкерлерді қолдау стратегиялары қарастырылуда. Ұсыныстар кәсіпкерлердің мүдделері мен қажеттіліктерін ескере отырып, саланың елдің дамуына экономикалық үлесін нығайту үшін туризмнің тұрақты өсуі үшін қолайлы орта құруға бағытталған [9]. Туристік қызметтер нарығына қатысушылардың белсенділігіне статистикалық талдау жасалды, туристік индустрияның даму динамикасына барынша әсер ететін маңызды сандық параметрлер анықталды.

Зерттеу экономикалық, әлеуметтік, технологиялық және инфрақұрылымдық факторлардың туризм секторының өсуі мен тиімділігінің детерминанты ретіндегі рөлін көрсетеді. Мақаланың негізгі мақсаты Қазақстандағы туристік кәсіпкерлік секторына әсер ететін макроэкономикалық жағдайларды талдау болып табылады.

**Нәтижелер және талқылау.** Қазақстанда туристік бизнесті дамытудың проблемалары мен перспективалары экономиканың әртүрлі секторларымен тікелей байланысты, өйткені туризм экономикалық қызметтің көптеген аспектілеріне әсер етеді.

Қазақстандағы туристік бизнесті дамытудың проблемалары мен перспективалары және экономика секторларымен өзара байланыс туристік бизнесті дамыту экономикалық әсерлерді таратуға қалай ықпал ететінін және ҚР-да экономиканың әртүрлі секторларын дамытуды ынталандырудың бір бөлігін ғана көрсетеді.

Статистикалық деректерді зерттеу көрсеткендей, 2022 жылы Қазақстан Республикасының туристік саласы айтарлықтай өсім көрсетіп отыр, туристер саны 9 миллионнан асады, бұл өткен жылмен салыстырғанда 20% - ға өсуді білдіреді. 2851 қонақүйдің, оның ішінде 228 халықаралық деңгейдегі нысандардың және орташа жүктеменің 70% - учетом ескере отырып, қонақ үй сегментін кеңейту және жақсарту мүмкіндігі бар екені анық. Қарастырылып отырған деректер туристік индустрияның тұрақты өсуін қолдау және оның ел экономикасына қосқан үлесін арттыру

үшін инфрақұрылымды дамытуға және қызмет сапасын жақсартуға Стратегиялық жоспарлау мен инвестициялау қажеттілігін көрсетеді.

Халықаралық туристерді көбірек тарту және

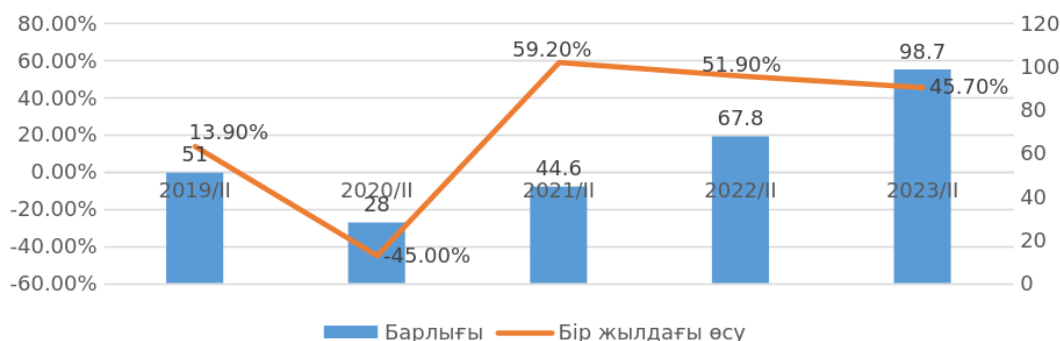
туристік бағыт ретінде аймақтың жалпы тартымдылығын арттыру үшін негізгі қалалардағы жоғары сапалы қонақ үй қызметтерінің тапшылығын жоюға ерекше назар аудару қажет (1-кесте).

**1-кесте. Қазақстан Республикасының туристік инфрақұрылымының ағымдағы жай-күйін талдау**

Бағыт	Талдау
Орналастыру инфрақұрылымы	Қазақстанның ірі қалаларында сапалы қонақүйлердің тапшылығы бар
Ашық ауада демалуға арналған инфрақұрылым	Шаңғы туризмі сияқты ашық ауада инфрақұрылымды жаңарту қажет
Экскурсиялық туризмге арналған инфрақұрылым	Экскурсиялық туризм үшін инфрақұрылымды дамыту талап етіледі
<i>Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [10]</i>	

Туроператорлардың, турагенттердің және туризм саласында қызмет көрсететін өзге де ұйымдардың қызметін зерттеу Қазақстанда 2017 және 2021 жылдар аралығында елеулі өзгерістерді көрсетті. 2017 жылы көрсетілген қызметтер

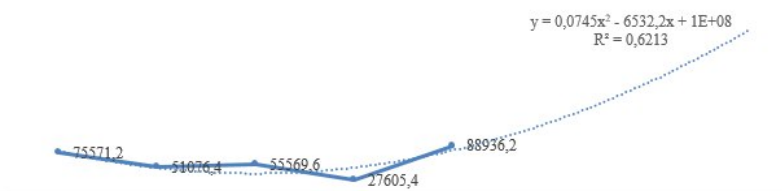
көлемі 75,571.2 млн.теңгені құрады, ал 2021 жылға қарай бұл көрсеткіш 88,936.2 млн. теңгеге дейін өсті, ал 2023 жылдың басында көрсеткіш 98,7 млрд. теңгені құрады (1-сурет).



**1 - сурет. Орналастыру орындарында көрсетілген қызметтер көлемі, млрд теңге**

*Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]*

01.01.2022 ж. жағдай бойынша абсолютті өсім 13,365 млн теңгені құрады, бұл пайыздық арақатынаста 17,69% өсім ретінде көрсетіледі (2-сурет).



**2 - сурет. Туроператорлар мен агенттіктердің экономикалық белсенділігі, млн теңге**

*Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]*

Ұсынылған мәліметтерге сәйкес, жыл сайын сондай-ақ ҚР турфирмалары ұсынатын қызмет-тер сапасының артуы туралы куәландырады деп және келу және шығу туризмінің маңыздылығы, болжауға болады (2-кесте).

**2-кесте-01.01.2022 ж. жағдай бойынша ҚР туристік қызметінің көрсеткіштері**

Көрсеткіш	Қызмет көрсетілгендер саны, мың адам				Туристік қызметтен түсетін табыс, млн теңге	Салықтар және бюджетке төленетін басқа да міндетті төлемдер, млн теңге
	Барлығы	оның ішінде				
		кіру	көшпелі	ішкі		
Олардың барлығы	16598,6	4712,6	7412,3	4473,7	122004,3	40491,1
Туристік ұйымдар	486,5	39,7	274,6	172,2	21450,7	3277,9
Орналастыру объектілері	2458,9	594,2	-	1954,7	62082,2	33039,2
Санаторий-курорттық мекемелермен	218,9	65,7	-	153,2	13607	957,8
Ерекше қорғалатын табиғи аумақтар	537,9	162	-	375,1	-	-
Мәдениет мекемелері	3304,9	1486,3	-	1816,9	24863,6	3215,9

*Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]*

Қарастырылып отырған өсу жаһандық экономикалық және әлеуметтік сын-қатерлерден, соның ішінде 2020 жылы салаға қатты әсер еткен Covid-19 пандемиясынан туындаған құлдырау кезеңінен кейін туристік индустрияның қалпына келуін және одан әрі дамуын көрсетеді. Қиындықтарға қарамастан, туристік сектор тұрақтылық пен қалпына келтіру қабілетін көрсетті, бұл

туристік индустрияның ел экономикасы үшін маңыздылығын растады [10].

Туристік қызметтер саласындағы серпінді талдау көрсетілетін қызметтер көлемінің тұрақты өсуінен және саланың экономикалық әлеуетін нығайтудан көрінетін Қазақстандағы туристік саланы дамытудың оң үрдістерін растайды (3-сурет).



**3 - сурет. ҚР орналастыру орындарымен көрсетілген қызметтер көлемі, мың теңге**  
*Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]*

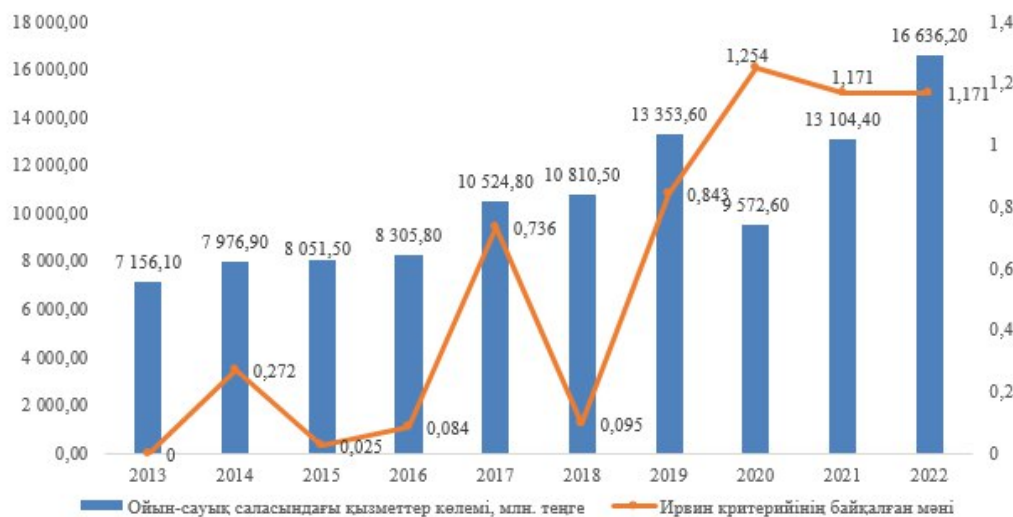


Туризм индустриясын және ілеспе инфрақұрылымды дамыту Қазақстан Республикасының туристік саласын дамытудың 2019-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын іске асыру шеңберінде негізгі бағыт болып айқындалды. Туризм саласы туристік қызметтерге сұраныстың артуы, туристік өнімдер ұсынысының кеңеюі, сондай-ақ саланы мемлекеттік қолдау және ынталандыру сияқты әртүрлі факторларға байланысты тұрақты даму мен кеңеюді көрсетеді.

#### Қазақстан Республикасында Туристік бизнесті

дамыту мен ойын-сауық саласындағы қызметтер көлемі арасындағы өзара байланыс туристік сұранысты ынталандыру және туристерге қызмет көрсету сапасын жақсарту үшін өте күшті және маңызды, сондықтан авторлар 2023-2025 жылдарға арналған "ойын-сауық саласындағы қызметтер көлемі, млн. теңге" көрсеткішінің болжамды мәндерін қарады.:

1. Ирвин критерийін қолдана отырып, қалыптан тыс бақылаулар үшін уақыт қатарын тексеру (4-сурет)



**4 - сурет** Уақыт қатарында қалыптан тыс бақылаулардың болуын тексеру  
Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]

Бұл жағдайда есептеу формулалары қолданылды:

- Ирвин критерийінің байқалған мән

$$\lambda_t = \frac{|y_t - y_{t-1}|}{\sigma_y}, \quad t = \overline{2, 10}$$

- Ирвин критерийінің маңызды мәні  $\lambda_{0,05}$

95% жоғары сенімділікпен бастапқы уақыт қатарында аномальды бақылаулар жоқ деп айтуға болады, өйткені Ирвин критерийі бойынша байқалған барлық мәндер критикалық шектен аз болды. 2. Әрі қарай, қатардағы трендтің болуын бағалау үшін "жоғары" және "төмен"

сериялардың критерийлері қарастырылды:

$$v(n) > \left[ \frac{2n-1}{3} - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right]$$

қате ықтималдығы бар есептелген мәнмен

$$0,05 < \alpha < 0,0975 \quad (3 = 3);$$

$K_{max} < [K_0(n)]$  қате ықтималдығы бар есептелген мәнмен  $0,05 < \alpha < 0,0975$  ( $6 > 5$ ).

3. Бастапқы деректерді жақындату үшін ең кіші квадраттар әдісін қолдануды қарастырыңыз

$$y_t = 5740,97 + 874,23t$$

4. Модельдің сапасын бағалау үшін екі тапсырма орындалды: - оның сәйкестігін тексеру; - дәлдікті бағалау. Модельдің сәйкестігін тексеру үшін бірқатар қалдықтарға талдау жасалды, бұл модельді қолдану арқылы алынған болжамды

мәндер мен нақты бақылаулар арасындағы айырмашылық. Қалдықтардың маңызды сипаттамалары олардың математикалық күтуі, кездейсоқтық және қалыпты үлестірімге сәйкестігі болып табылады. Модельдің сәйкестігін тексеруге бағытталған қалдықтарды талдау нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

4 - кесте. Болжамды анықтау үшін модельдің сәйкестігін тексеру

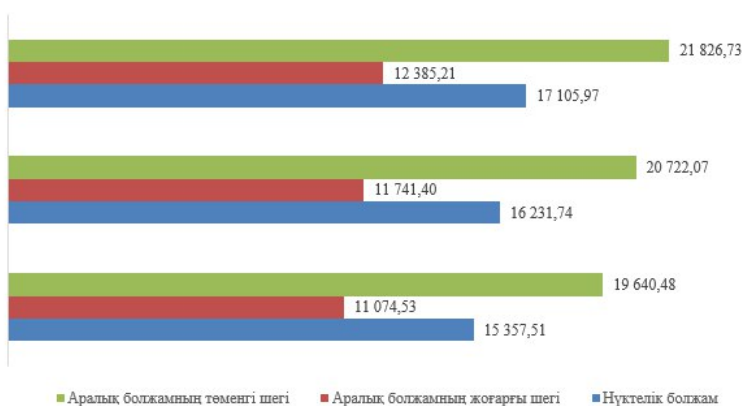
Тексерілетін қасиет	Қолданылатын статистика	
	атауы, есептеу формуласы	алынған мән
Кездейсоқтық	”Шыңдар” критерийі (бұрылыс нүктелері) $p > [\frac{2}{3}(n - 2) - 1, 96\sqrt{\frac{16n-19}{90}}]$	5 > 2 шекара кезінде 2
Қалыпты	RS-критерий $RS = \frac{e_{max} - e_{min}}{S}$	3,68 шекара кезінде 2,67-3,69
Қалдықтар қатарының деңгейлерін математикалық күтудің теңдігі нөлге тең	t-статистика Стьюдента $t_{набл.} = \frac{ \bar{e} }{S} \sqrt{n}$	0 шекара кезінде 2,31
* Ескерту. Жүргізілген есептеулер негізінде авторлар құрастырған.		

Жуықтаудың орташа салыстырмалы қателігі келесі мәнге ие:

$$E_{отн.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_t|}{y_t} \cdot 100\% = 9,53\%$$

бұл модельдің сәйкестігі мен дәлдігін көрсетеді.

5. Маңыздылық деңгейі кезінде 2025 жылға арналған” ойын - сауық саласындағы қызметтер көлемі” көрсеткішінің нүктелік және аралық болжамдары  $\alpha = 0,05$  оның келесі мәндері бар (сурет. 5).



5 - сурет. 01.01.2026 ж. жағдай бойынша ”ойын-сауық саласындағы қызметтер көлемі” көрсеткішінің нүктелік және аралық болжамдары, млн теңг

Ескерту. Жасалған есептеулер негізінде авторлар құрастырған [7]

Зерттеу туристік саланы дамытуға бағытталған басқару шешімдерін іске асырудың тиімділігі елдің белгілі бір аймағындағы қонақ үй индустриясының, инфрақұрылымның және қызмет көрсету саласының даму деңгейіне тікелей байланысты деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Қорытындылар. Қазақстан Республикасының туристік саласын дамыту оң серпінді көрсетіп отыр, алайда ағымдағы сын-қатерлерді еңсеру және оның ұлттық экономикаға қосқан үлесін ұлғайту үшін одан әрі стратегиялық тәсілді талап етеді.

**Қорытынды.** Зерттеу көрсеткендей, 2022 жылы туристер саны 9 миллионнан асты, бұл 2021 жылмен салыстырғанда 20% - ға өсті.

Туристік қызметтен түсетін табыс 2021 жылғы 88,9 млрд теңгеден 2023 жылдың басындағы 98,7 млрд теңгеге дейін ұлғайды. Деректер тиімді пайдаланылуы қажет саланың айтарлықтай әлеуетін көрсетеді. Талдау көрсеткендей, инновациялық технологияларды енгізу және инфрақұрылымды жаңарту туристік саланың өсуіне ықпал етеді. Мысалы, цифрлық технологияларды енгізу туристік қызметтердің сапасын жақсартады, ал инфрақұрылымға стратегиялық инвестициялар туристерді көбірек тартуға мүмкіндік береді. 2022 жылы туристер санының 20% - ға ұлғаюы, туризмнен түсетін табыстың 98,7 млрд теңгеге дейін өсуі, сондай-ақ қонақ үй секторының 70% жүктемемен кеңеюі ұсынылған тәсілдердің тиімділігін растайды. Дегенмен, тұрақтылыққа қол жеткізу үшін ағымдағы кедергілерді, соның ішінде сапалы қонақүйлердің тапшылығын және экскурсиялық инфрақұрылымның жеткіліксіз дамуын жою қажет. Демек, гипотеза расталады: инновациялық тәсілдер мен стратегиялық инвестициялар экономикалық әлеуетті нығайта отырып, туризмнің дамуына ықпал етеді. Туризмнің әлемдік индустрияға қосқан үлесі шектеулі болып қалады, бұл жаһандық туристік ағынның 1% - дан азын құрайды.

Өсудің негізгі кедергілері инфрақұрылымдық

шектеулер, соның ішінде сапалы қонақ үй қызметтерінің тапшылығы және белсенді және мәдени туризм үшін объектілердің жеткіліксіз дамуы болып табылады. Қазақстанда 2023 жылдың басында 2851 қонақ үй болды, оның 228-і халықаралық стандарттарға сәйкес келеді, орташа жүктемесі 70 %. Көрсеткіштер саланың тұрақты өсуін қамтамасыз ету үшін инфрақұрылымды жаңғырту және кеңейту қажеттігін көрсетеді.

Мемлекеттік қолдау, атап айтқанда туризмді дамыту бағдарламаларын іске асыру және кластерлік тәсілді енгізу бәсекеге қабілеттілікті жақсартуда басты рөл атқарады. Бұдан басқа, цифрлық технологияларды пайдалану көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыруға және тартымды туристік бағыт ретінде Қазақстанның халықаралық имиджін нығайтуға мүмкіндік береді. Ұлттық саябақтарды қоса алғанда, 200-ден астам қорғалатын табиғи аумақтарға негізделген экологиялық және мәдени туризм ұтымды пайдалануды және одан әрі ілгерілеуді қажет ететін маңызды ресурс болып табылады. Туристік индустрияның ұзақ мерзімді табысы үшін кедергілерді жоюға, соның ішінде көлікке қолжетімділікті жақсартуға, әкімшілік процедураларды жеңілдетуге және инновациялық шешімдерді енгізуге назар аудару қажет.

Туризмді халықаралық ілгерілету үшін инфрақұрылымға стратегиялық инвестициялау және маркетингтік науқандарды дамыту сектордың тұрақты дамуын қамтамасыз етеді. Жүргізілген талдау нәтижесінде туризм экономикалық өсудің маңызды драйвері болып табылатыны расталды. Оның әлеуетін барынша ашу үшін қызмет көрсету сапасын арттыруға, инфрақұрылымды дамытуға және кәсіпкерлік белсенділікті арттыруға бағытталған стратегиялық бастамаларды жалғастыру қажет. Ресурстарды тиімді басқару және ағымдағы кемшіліктерді жою Қазақстанның жаһандық туристік картадағы орнықты өсуі мен ұстанымын нығайту үшін жағдай жасайды.

### Литература

1. Solvoll S., Bulanova J., Alsos G.A. Tourism Entrepreneurship – Review and Future Directions // Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism.- 2015.- Vol.15. - P.120-137.

DOI 10.1080/15022250.2015.1065592

2. Yanyun Z, Bingjie L The evolution and new trends of China's tourism industry // National Accounting Review. -2020. -Vol.2.(4). - P. 337-353. DOI 10.3934/NAR.2020020
3. Tian Jie, Tan Qiuyun, Jin Jingyu Can Digital Finance Improve Misallocation of Resources/ J. Tian, K. Tang, J. Jin // Col. S. Fin. Econ. -2021. -Vol. 37(4). - P.49-60. URL: <https://cjlz.zufe.edu.cn/EN/Y2021/V37/I4/49>
4. Арынова Ж.З., Арынова Ж.З., Нурмаганбетова А.Ж. , Исакова А.Т., Тебаев Ж.Ж. Условия повышения конкурентоспособности субъектов предпринимательства индустрии туризма Казахстана // Вестн. Казах. ун-та экон., финансов и междунар. торговли. -2022. -№ 2(47). - С. 298-304. DOI10.52260/2304-7216.2022.2(47).41
5. Асетова А.А. Особенности конкурентоспособности туристического бизнеса в Казахстане: обзор литературы // Инновации. Наука. Образование. -2021. -№ 48. -С. 357-367. <https://innovjourn.ru/nomer/48-nomer/>
6. Тлеубердинова А.Т., Шаекина Ж.М., Салауатова Д.М., Stephen Pratt. Факторный анализ развития туристического предпринимательства в Казахстане. // Экономика: стратегия и практика. - 2020. -№ 1 (15). -С. 79-89. DOI 10.51176/JESP/issue\_1\_T6
7. Вечкинзова Е.А. Сравнительный анализ развития региональной индустриально-инновационной инфраструктуры России и Казахстана // Экономика Центральной Азии. - 2019. -Т. 3,-№ 1. -С. 19-34. DOI 10.18334/asia.3.1.40757
8. Рахметова Д.А., Д.А. Рахметова., А.А. Нургалиева., С. Дырка., Г.Ы. Бекенова., Г.А. Оспанова. Направления развития туристской предпринимательской деятельности в Республике Казахстан. // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. -2023.-№ 5. -С. 525-541. DOI 10.32014/2023.2518-1467.607
9. Аубакирова Г.М. Новые подходы к построению модели экономического роста Казахстана//Экономические отношения.- 2019.-№ 1.-С.123-124. DOI 10.18334/eo.9.1.39729
10. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК. Статистика туризма. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/22/statistic/7>

### References

1. Solvoll S., Bulanova J., Alsos G.A. Tourism Entrepreneurship – Review and Future Directions // Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism.- 2015.- Vol.15. - P.120-137. DOI10.1080/15022250.2015.1065592
2. Yanyun Z, Bingjie L The evolution and new trends of China's tourism industry // National Accounting Review. -2020. -Vol.2.(4). - P. 337-353. DOI 10.3934/NAR.2020020
3. Tian Jie, Tan Qiuyun, Jin Jingyu Can Digital Finance Improve Misallocation of Resources/ J. Tian, K. Tang, J. Jin // Col. S. Fin. Econ. -2021. -Vol. 37(4). - P.49-60. URL:<https://cjlz.zufe.edu.cn/EN/Y2021/V37/I4/49>
4. Arynova Zh.Z., Arynova Zh.Z., Nurmaganbetova A.Zh. , Iskakova A.T., Tebaev Zh.Zh. Usloviya povysheniya konkurentosposobnosti sub#ektov predprinimatel' stva industrii turizma Kazahstana // Vestn. Kazah. un-ta jekon., finansov i mezhdunar. trgovli. -2022. -№ 2(47). - S. 298-304. DOI 10.52260/2304-7216.2022.2(47).41 [in Russian]
5. Asetova A.A. Osobennosti konkurentosposobnosti turisticheskogo biznesa v Kazahstane: obzor literatury // Innovacii. Nauka. Obrazovanie. -2021. -№ 48. -S. 357-367. <https://innovjourn.ru/nomer/48-nomer/>. [in Russian]

6. Tleuberdinova A.T., Shaekina Zh.M., Salauatova D.M., Stephen Pratt. Faktornyj analiz razvitiya turistskogo predprinimatel' stva v Kazahstane. // Jekonomika: strategija i praktika. - 2020. - № 1 (15). - S. 79-89. DOI 10.51176/JESP/issue\_1\_T6. [in Russian]
7. Vechkinzova E.A. Sravnitel' nyj analiz razvitiya regional' noj industrial' no-innovacionnoj infrastruktury Rossii i Kazahstana // Jekonomika Central' noj Azii. - 2019. - T. 3, - № 1. - C. 19-34. DOI 10.18334/asia.3.1.40757. [in Russian]
8. Rahmetova D.A., D.A. Rahmetova., A.A. Nurgalieva., S. Dyrka., G.Y. Bekenova., G.A. Ospanova. Napravlenija razvitiya turistskoj predprinimatel' skoj dejatel' nosti v Respublike Kazahstan. // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. -2023.-№ 5. -S. 525-541. DOI 10.32014/2023.2518-1467.607. [in Russian]
9. Aubakirova G.M. Novye podhody k postroeniju modeli jekonomicheskogo rosta Kazahstana// Jekonomicheskie otnoshenija.- 2019.-№ 1.-C.123-124. DOI 10.18334/eo.9.1.39729. [in Russian]
10. Bjuro nacional' noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniju i reformam RK. Statistika turizma. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/22/statistic/7>. [in Russian]

***Авторлар туралы мәлімет***

A. Сабыржан - э.ғ.к., доцент м.а., Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: Alisher-aliev-79@mail.ru;

Г.Қ. Абдраманова - э.ғ.к., доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: agk2009@mail.ru;

A.Т. Тлеубаева - PhD, доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: aitolkyn.t@mail.ru, tleubayeva\_at@enu.kz;

M.С. Сиеубаева - Ғылым магистрі, аға оқытушы, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: sieubayeva\_ms@enu.kz.

***Information about the authors***


A. Sabyrzhan - Candidate of Economic Sciences, Acting Associate Professor, Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: Alisher-aliev-79@mail.ru;

G. Abdramanova - Candidate of Economic Sciences, Acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: agk2009@mail.ru;

A. Tleubayeva - PhD, acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aitolkyn.t@mail.ru, tleubayeva\_at@enu.kz;

M. Siyeubayeva - Master of Science, senior lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sieubayeva\_ms@enu.kz.



**SPECTRAL ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE AUDIT SERVICES MARKET****<sup>1</sup>G.S.Tussibayeva** , **<sup>1</sup>G.M.Sagindykova**, **<sup>2</sup>A.E.Shakharova**, **<sup>1</sup>U.B.Yussupov**<sup>1</sup>Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,<sup>2</sup>L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan Корреспондент-автор: [igulmira\\_80@mail.ru](mailto:igulmira_80@mail.ru)

The scientific article is aimed at studying a combination of qualitative and quantitative methods to identify problems related to the audit market, based on the analysis of interactions between all stakeholders that can be applied to the market of audit and related services that affect audit quality. General scientific and economic methods were applied to comprehensively achieve the goals and objectives of the research. The method of generalization allowed for a thorough analysis of the material and the formation of the research structure, while the interpretation and comparison methods helped assess the opinions of researchers and identify the key features of the development of the audit services market. A spectral analysis of the current audit services market and system in Kazakhstan was conducted, allowing the evaluation of the frequency characteristics of service quality over time or in relation to other parameters. Based on data analysis and statistical conclusions, findings about the current state of the audit services market in the Republic of Kazakhstan were made, factors affecting service quality were identified, and recommendations for improvement were proposed. The results of the spectral analysis underwent statistical processing, revealing significant patterns and differences between various audit organizations and situations.

**Keywords:** audit, audit organization, audit services market, audit service, professional audit organization, professional audit activity council, audit quality.

**АУДИТОРЛЫҚ ҚЫЗМЕТТЕР НАРЫҒЫНЫҢ САПАСЫН СПЕКТРЛІК ТАЛДАУ****<sup>1</sup> Г.С.Тусибаева** , **<sup>1</sup> Г.М.Сагиндыкова**, **<sup>2</sup> А.Е. Шахарова**, **<sup>1</sup> У.Б. Юсупов**<sup>1</sup>Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан,<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана қ., Қазақстан,  
e-mail: [igulmira\\_80@mail.ru](mailto:igulmira_80@mail.ru)

Ғылыми мақала аудит сапасына әсер ететін аудиторлық және ілеспе қызметтер нарығына қолданылуы мүмкін, барлық мүдделі тараптар арасындағы өзара іс-қимылды талдау негізінде аудиторлық нарықпен байланысты проблемаларды айқындаудың сапалық және сандық әдістерінің кешенін зерделеуге бағытталған. Зерттеудің мақсаттары мен міндеттерін жан-жақты жүзеге асыру үшін жалпы ғылыми және экономикалық әдістер қолданылды. Жалпылау әдісі зерттеу материалына толық талдау жүргізуге және зерттеудің құрылымын қалыптастыруға мүмкіндік берді. Ғалымдардың пікірлерін бағалау және аудиторлық қызметтер нарығының даму ерекшеліктерін анықтау үшін түсіндіру және салыстыру әдістері пайдаланылды. Қазақстанның қазіргі аудиторлық қызметтер нарығы мен жүйесіне спектрлік талдау жүргізілді, бұл қызметтердің сапасын уақыт пен басқа параметрлерге байланысты бағалауға мүмкіндік берді. Мәліметтер мен статистикалық қорытындыларды талдау негізінде Қазақстан Республикасының аудиторлық қызметтер нарығының қазіргі жай-күйі туралы тұжырымдар жасалды, қызмет сапасына әсер ететін факторлар анықталып, оны жақсарту бойынша ұсыныстар берілді. Спектрлік талдау нәтижелері статистикалық талдауға түсіп, әртүрлі аудиторлық ұйымдар мен жағдайлар арасындағы маңызды заңдылықтар мен айырмашылықтар анықталды.

**Түйін сөздер:** аудит, аудиторлық ұйым, аудиторлық қызметтер нарығы, аудиторлық қызмет, Кәсіби аудиторлық ұйым, аудиторлық қызмет жөніндегі кәсіби кеңес, аудит сапасы.

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РЫНКА АУДИТОРСКИХ УСЛУГ****<sup>1</sup>Г.С.Тусибаева** , **<sup>1</sup>Г.М.Сагиндыкова**, **<sup>2</sup>А.Е.Шахарова**, **<sup>1</sup>У.Б.Юсупов**

<sup>1</sup>Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,  
e-mail: igulmira\_80@mail.ru

Научная статья направлена на изучение комплекса качественных и количественных методов для определения проблем, связанных с аудиторским рынком, на основе анализа взаимодействий между всеми заинтересованными сторонами, которые могут быть применены к рынку аудиторских и сопутствующих услуг, влияющих на качество аудита. Применение общенаучных и экономических методов исследования способствует всесторонней реализации поставленных целей и задач. Метод обобщения позволил детально проанализировать материал и сформировать структуру исследования, а метод интерпретации и сопоставления помог оценить мнения исследователей и определить ключевые особенности развития аудиторского рынка. В ходе исследования был проведен спектральный анализ казахстанского рынка аудиторских услуг и его текущей системы, что позволило оценить частотные характеристики качества услуг во временном разрезе и в зависимости от других параметров. На основе анализа данных и статистических выводов были сделаны заключения о состоянии рынка аудиторских услуг в Республике Казахстан, выявлены факторы, влияющие на их качество, и даны рекомендации по его улучшению. Результаты спектрального анализа были подвергнуты статистической обработке, что позволило выявить значимые закономерности и различия между аудиторскими организациями и ситуациями.

**Ключевые слова:** аудит, аудиторская организация, рынок аудиторских услуг, аудиторская услуга, профессиональная аудиторская организация, профессиональный совет по аудиторской деятельности, качество аудита.

**Introduction.** The audit market in Kazakhstan has recently faced increasing instability, primarily due to a professional crisis within the auditing sector. This has resulted in a significant decline in trust towards audit institutions and practices. Various strategies to address this crisis have emerged, focusing on the development of auditing standards, heightened quality expectations for audit services, and the creation of a robust system of professional values, ethics, and the reputation of auditors. This includes self-regulating auditor organizations and a comprehensive regulatory framework governing audit activities.

By the late 1990s, the institutionalization of the audit profession was completed, and its role within society became fully realized. All subsequent developments have been shaped by two primary objectives: ensuring high-quality professional services in line with business growth and meeting the evolving needs of society.

Currently, the audit profession is evolving into a sector of socially responsible business, where it offers assurance to stakeholders regarding the reliability of business information, the accuracy of

financial statements, and the credibility of auditors and audit firms.

The importance of exploring the challenges and shifts within the audit market is underscored by major transformations in the delivery of professional audit services from 2013 to 2023. During this time, there has been a notable change in the number of audit firms and Professional Audit Organizations (PAOs) within Kazakhstan. These shifts are largely driven by ongoing reforms within the audit industry and the broader effects of economic crises and recovery periods. According to the Quality Concept of Audit set by the International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB), changes in the audit market directly impact service quality, necessitating a critical review of professional practices. The goal is to identify additional methods for enhancing audit quality within the professional landscape. This analysis uses a spectral evaluation of the audit services market, particularly in light of numerous scandals that have tarnished the profession and led to growing dissatisfaction among consumers on a global scale.

**Literature Review.** The review of literature

on the audit services market quality reveals the multifaceted nature of this subject, involving elements such as professional standards, auditor independence and impartiality, staff training and proficiency, internal quality control systems, and the perspectives of stakeholders. Continuous advancements in these areas are essential to maintaining the credibility of financial reporting and the overall stability of financial markets.

Professional auditing standards, like the International Standards on Auditing (ISA), are vital in ensuring high-quality audit services. Studies indicate that adherence to these standards enhances the transparency, reliability, and comparability of financial statements, which is critical for fostering trust in corporate financial reports (Tussibayeva G., Sagindykova G. 2023 [1], Nurseitov E., Nurseitov D. 2016 [2]).

Stakeholder trust and perceptions of audit service quality, especially from investors, creditors, regulators, and the general public, play a crucial role. Research has shown that when trust in auditors and their work is high, companies experience enhanced reputations, which boosts their attractiveness to investors (Ernstberger J., Koch C., Schreiber E. M., & Trompeter G, 2020 [3], Patrick Z, Vitalis K & Mdoom I., 2017 [4]).

Various studies and articles examine the application of ISA across different countries, including Kazakhstan. These works provide analytical reviews, case studies, and discussions on errors and improvements in the practical use of auditing standards (Kzykeeva A.S., Myrzakypova S.T., 2016 [5], Xiao T, Geng C, & Yuan C., 2020 [6]).

Additional research focuses on technological advancements, such as the integration of data analytics and artificial intelligence in audit procedures, which can significantly increase the efficiency and precision of audits. Cultural and organizational factors impacting audit service quality in Asia, along with potential strategies for improvement, are also discussed (Noor A.S., Fatimah M.Y., Rusnah M., 2018 [7], Muhamad Taqi M., Rahmawati R., Bandi B., Murni S., & Warsina W., 2020 [8]).

Analyzing the experiences of regional integration organizations, such as the European Union or Latin America, can offer valuable insights into creating a unified audit services market within the EAEU. A unified market would improve transparency and predictability in audit practices, fostering greater investor confidence and reducing capital costs. Studies explore the economic benefits and potential advantages of such a market for business development in the region (Serov N. Yu., 2020 [9], Kzykeyeva A., 2023 [10]).

**Materials and methods.** The research concentrated on exploring both qualitative and quantitative methods for identifying issues within the audit market, drawing on the historical development of the field as discussed by scholars and incorporating recent studies by both international and local researchers. Furthermore, a spectral analysis of the audit services market was carried out, which examined the interaction dynamics of various stakeholders involved in the audit and related services markets, all of which influence audit quality.

The research methodology employed a range of approaches, including:

- method of data collection and generalization: This approach enabled a detailed analysis of the domestic audit services market, with a particular focus on identifying key developmental challenges;
- method of interpretation and comparison: Through inductive reasoning, this method highlighted the strengths and weaknesses of self-regulation within the auditing profession, influencing the application of the quality concept at both audit firm and Professional Audit Organization (PAO) levels;
- method of analysis and synthesis: This method supported a comprehensive evaluation of the audit services market's quality.

**Results and discussion.** In Kazakhstan, as in many parts of the world, audit services are pivotal to modern economic development, enhancing investment appeal by ensuring transparency and objectivity in corporate reporting. The audit sector in Kazakhstan is a crucial part of the financial

system and the wider economy, playing a vital role in maintaining the transparency, reliability, and stability of financial structures, which in turn directly influences the investment attractiveness of businesses in the Republic of Kazakhstan and the country overall. In a rapidly evolving global economic environment and with Kazakhstan striving for deeper integration into the global economy, the advancement of the audit industry becomes increasingly significant.

The audit services market is expanding and evolving quickly. One of its key features is the level of development and size of audit organizations, with most large firms classified as growing entities. Many of these firms have been established for years, while newer companies are emerging with products and services offered both in Kazakhstan

and internationally [11].

In Kazakhstan, the audit market includes the following types of entities:

- four international firms known as the "Big Four": PricewaterhouseCoopers, KPMG, Deloitte & Touche, and Ernst & Young;
- large domestic audit firms with substantial experience and smaller firms with only a few employees;
- professional audit organizations and the Professional Council for Auditing Activities.

Globally, the "Big Four" are recognized as the largest multinational firms offering both audit and consulting services. This group includes Ernst & Young, Deloitte & Touche, KPMG, and PricewaterhouseCoopers.

**Table 1- Quasi-Governmental Sector Companies Audited by Big-4**

Ernst & Young	PricewaterhouseCoopers	Deloitte	KPMG
- Samruk-Kazyna Sovereign Wealth Fund; - KazMunayGas (Exploration Production KMG, KazTransOil, KazTransGas, and two refineries); Kazakhtelecom; Samruk-Kazyna Construction and United Chemical Company; - Ekibastuz SDPS-2; - KEGOC; - KazAgro Holding; - National Company "Kazakhstan Gharysh Sapary"	- Kazatomprom; - Samruk-Energy; - Samruk-Kazyna Invest; - Zhilstroysberbank (now Otbas Bank); - Kazakhstan Deposit Guarantee Fund	- UAPF (Unified Accumulative Pension Fund); - Kazakhstan Resilience Fund; - Kazakhstan Temir Zholy group and its subsidiaries: Kazakhstan Temir Zholy (national railway company) KazTemirTrans (rail transport company) Passenger Transportation KTZ Freight Transportation - Transtelecom; - KTZ Express; - Aktau Sea Trade Port; - Kazatomprom	- Kazpost - Air Astana - Kazakhstan Airlines (Kazakhstani national carrier) - Baiterek Holding - Development Bank of Kazakhstan - BRK-Leasing (now Industrial Development Fund) - Kazakhstan Mortgage Company - National Bank of Kazakhstan - National Investment Corporation - Astana Expo-2017 - KazAvtoZhol
<i>Note - compiled by the authors based on conducted research</i>			

As of 2024, these four firms employ a combined total of approximately 1.1 million people. Their

collective revenues reach \$157 billion, with the following breakdown (in billions of dollars):

Deloitte - 47.60, PwC - 43.03, EY- 37.20, KPMG- 29.22. Interestingly, these companies are heavily involved in consulting as well. Of the total \$157 billion in revenue, only \$57 billion is generated from audit services, with nearly \$100 billion coming from consulting activities, particularly in tax consulting.

These companies also operate nearly 3,000 offices worldwide. For example, Ernst & Young operates over 700 offices across more than 150 countries, while PwC has approximately 770 offices in 158 countries. Most of these offices function as national legal entities or residents, with some holding branch status under other resident companies.

While it is difficult to determine the exact market share of the Big Four in Kazakhstan’s audit

sector, their influence is undeniable. These firms audit nearly all major national companies, including banks, pension funds, insurance companies, and oil firms. Table 1 lists the quasi-public sector companies that are audited by the Big Four.

The audit services market in Kazakhstan has been experiencing dynamic growth year after year. As a crucial component of the financial sector and the national economy, it plays an essential role in maintaining the transparency, reliability, and stability of the financial system, which significantly influences the investment appeal of companies both within Kazakhstan and throughout the country. Currently, the audit market in Kazakhstan is represented by a considerable number of firms. Table 2 highlights the growth trends of audit firms between 2013 and 2023.

**Table 2 - The dynamics of the audit companies market, 2013-2023**

Regional breakdown	Number of audit firms										
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Akmola Region	1	1	1	1	2	2	4	4	3	3	5
Aktobe Region	2	2	2	3	5	6	9	9	3	5	10
Almaty Region	2	2	3	3	3	4	4	4	6	5	4
Atyrau Region	-	-	-	-	-	1	3	5	15	10	10
East Kazakhstan Region	2	2	2	2	2	4	4	7	2	3	7
Zhambyl Region	2	2	2	2	2	3	3	4	2	4	4
West Kazakhstan Region	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3
Karaganda Region	5	5	6	7	10	13	15	18	21	20	22
Kostanay Region	2	2	2	3	3	4	5	6	8	7	8
Kyzylorda Region	-	-	-	-	-	1	2	5	6	5	6
Mangystau Region	1	1	1	3	3	4	5	5	1	4	4
Pavlodar Region	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4
North Kazakhstan Region	2	2	2	2	2	2	4	4	1	2	2
Turkestan Region	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	4
Abai Region										3	3
Zhetysu Region										2	3
Almaty City	62	67	72	79	88	112	141	161	184	197	158
Astana City	8	10	13	19	25	39	65	92	112	125	133
Shymkent City	6	6	7	8	11	15	21	24	29	30	25
Total	98	105	116	135	159	213	289	353	410	475	417

*Note - compiled by the authors based on conducted research*

The data presented in the tables highlight a substantial increase over the past decade, suggesting a rising demand for audit services, alongside

enhancements in regulatory measures and market conditions for these services. The majority of audit organizations are concentrated in cities



like Almaty, Astana, and Shymkent, which serve as major financial and economic hubs. Across different regions of Kazakhstan, the growth of audit organizations varies significantly.

The analysis indicates that the audit services market in Kazakhstan has seen considerable expansion in several regions over the review period. The highest growth rates were observed in key areas such as Almaty and Astana, driven by investment activities and the development of vital industries. Notable cities and industrial regions, including Karaganda and Aktobe, are experiencing rapid growth, while some regions have shown slower development. The expanding number of audit firms across the country emphasizes the crucial role these services play in enhancing transparency and economic efficiency.

As of 2023, there are 417 audit firms actively operating in Kazakhstan. The majority of these firms are registered in Almaty, the financial hub, with 208 firms (43.2% of the total). Astana and Shymkent follow closely, with 137 (28.5%) and 27 (5.6%) firms, respectively. While the total number of audit firms stands at approximately 417, a more accurate picture emerges when focusing on the "top twenty" firms, including the Big Four—Deloitte & Touche, Ernst & Young, PricewaterhouseCoopers, and KPMG—which adhere to specific quality

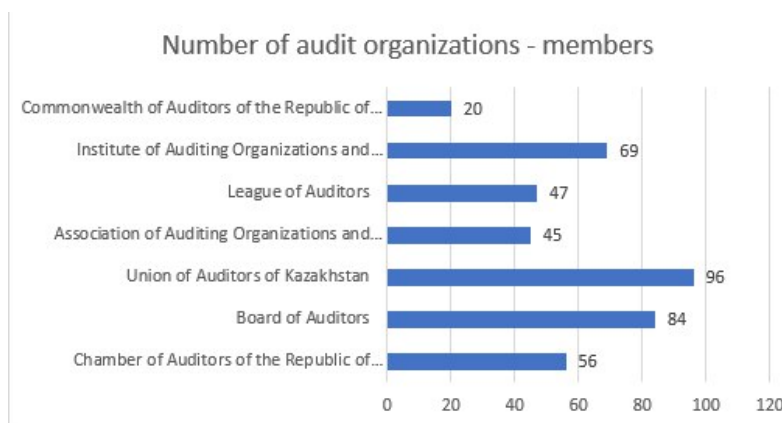
standards and are authorized to operate on the country's stock exchange.

According to recent reports, only 24 audit firms, representing about 5% of the total, are included in the list of organizations recognized by the Kazakhstan Stock Exchange (KASE). These firms are divided into two levels based on their qualifications.

Level 1 consists of 13 firms, including "Russell Bedford A+ Partners" LLP, "KPMG Audit" LLP, "PricewaterhouseCoopers" LLP, "Ernst & Young" LLP, "Deloitte" LLP, and several others like "Almir Consulting" LLP and "Centraudit-Kazakhstan" LLP.

Level 2 includes 11 firms, such as "KoktemAudit" LLP, "MinTax Audit" LLP, "Kazakhstanaudit" LLP, "Audit Company Solomon" LLP, and others like "FinExpertiza Kazakhstan" LLP and "BDO Qazaqstan" LLP.

Despite this small group, the overall audit market in Kazakhstan has shown dynamic growth year after year. According to the Chamber of Auditors of the Republic of Kazakhstan, the audit market reached a volume of 123.5 billion tenge in 2023, with the six largest firms—KPMG, Deloitte, Ernst & Young, PricewaterhouseCoopers, BDO Kazakhstan, and Grant Thornton—accounting for 56% of the market share.



**Figure 1- Distribution of audit organizations by PJSC for 2023**

*Note – compiled by the authors on the basis of past research*

A unique requirement for audit firms in Kazakhstan is membership in an accredited Professional Audit Organization (PAO), a non-profit entity that unites auditors and audit firms. Currently, there are seven registered PAOs in Kazakhstan, encompassing the 417 audit firms mentioned earlier (Figure 1).

The distribution of audit firms across Professional Audit Organizations (PAO) in 2023 is as follows [11]:

Chamber of Auditors of the Republic of Kazakhstan: 56 firms

Collegium of Auditors: 84 firms

Union of Auditors of Kazakhstan: 96 firms

Association of Audit Organizations and Auditors of Kazakhstan: 45 firms

League of Auditors: 47 firms

Institute of Audit Organizations and Auditors of Kazakhstan: 69 firms

Commonwealth of Auditors of the Republic of Kazakhstan: 20 firms

According to the Ministry of Finance's digital platform, Kazakhstan currently has over 1,600 auditors, with a notable rise in numbers over the past few years. However, as reported by zakon.kz, a major issue in the audit market has emerged due to the influx of auditors who lack proper qualifications. Over the last two years alone, the number of auditors increased by 1,300, a figure that surpasses the total growth seen during the previous 25 years of the audit profession in Kazakhstan.

In terms of legal entities, only 18 out of the 417 audit firms in Kazakhstan are part of the top 25 largest international audit networks. Membership in these international networks allows firms to merge global best practices with local expertise in providing audit services, enhancing their reputation and establishing high standards of service.

Table 3 provides a breakdown of the membership of various audit organizations across Kazakhstan's regions, shedding light on the regional distribution of auditors and the influence of different professional associations on audit practices within

the country.

There are noticeable differences in the regional distribution of audit organization memberships. For instance, the Chamber of Auditors of the Republic of Kazakhstan and the Collegium of Auditors have a significant presence in Almaty and Astana, while their membership numbers in other regions are far lower, or these organizations may not be represented at all.

The membership dynamics of different audit associations also vary across regions over time. In Shymkent, for example, the League of Auditors and the Association of Audit Organizations and Auditors of Kazakhstan have seen a particularly strong increase in membership compared to other regions.

Each of the listed audit organizations has distinct regional distribution patterns, reflecting varied approaches to audit operations and the recruitment of professionals.

In the first half of 2020, lawmakers and the Ministry of Finance in Kazakhstan initiated amendments to legislation, which led to the creation of the Professional Council for Audit Activities (PCAA), a non-profit organization tasked with overseeing quality control and the certification of auditors. The formation of the PCAA is intended to align audit legislation with international standards, improving the overall quality of audit services by implementing transparent requirements for quality assurance and auditor certification [12].

The Law of the Republic of Kazakhstan, "On Amendments and Additions to Some Legislative Acts of the Republic of Kazakhstan on Audit Activities" No. 358-VI, issued on July 3, 2020, establishes the PCAA as a non-membership, non-profit organization created by professional bodies. The council's goal is to "enhance the state's economic policy" and to provide independent oversight aimed at protecting investors. Representatives from Kazakhstan's Ministry of Finance will be part of the council's board. Additionally, representatives from KASE, the MFCA administration, auditors, and others will also be involved.

**Table 3 - Distribution of audit firms by professional audit organizations in the regional context, 2023**

Regional section	Chamber of Auditors of the Republic of Kazakhstan	Board of Auditors	Union of Auditors of Kazakhstan	Institute of Auditing Organizations and Auditors of Kazakhstan	League of Auditors	Association of Auditing Organizations and Auditors of Kazakhstan	Commonwealth of Auditors of the Republic of Kazakhstan
Kazakhstan	56	84	96	45	47	69	20
Akmola region	2	1	-	-	-	1	1
Aktobe region	1	1	-	2	5	-	1
Almaty region	1	-	1	-	1	-	1
Almaty	31	43	44	14	18	5	3
Astana	12	26	20	22	10	36	7
Atyrau region	-	1	2	1	2	3	1
East Kazakhstan region	2	1	1	1	-	-	2
Zhambyl region	1	-	-	-	1	2	-
West Kazakhstan region	1	-	2	-	-	-	-
Karaganda region	1	1	14	-	1	5	-
Kostanay region	-	5	-	2	-	-	1
Kyzylorda region	1	1	2	-	1	1	-
Mangystau region	1	1	-	-	-	1	1
Abai region	-	2	1	-	-	-	-
Jetysui region	-	-	-	-	2	-	1
Atyrau region	-	-	-	-	-	-	-
Pavlodar region	-	-	2	1	-	1	-
North Kazakhstan region	-	-	-	-	-	2	-
Turkestan region	-	-	1	1	-	2	-
Shymkent	2	1	6	1	6	8	1

*Note - compiled by the authors on the basis of the conducted research*

The new council will set the standards for audit firms conducting mandatory audits of KASE-listed organizations, MFCA, national management holdings, national companies, and subsoil users. Furthermore, the council will be responsible for auditing firms' quality checks, addressing complaints about auditors, approving external quality control procedures, and coordinating auditor candidate certifications.

Many within the auditing community are skeptical about the new body's effectiveness, particularly because the quality control of audit services by the council is not governed by the Entrepreneurial Code of the Republic of Kazakhstan. This creates a situation where audit firms may not be able to defend their rights under the law, potentially increasing corruption risks.

According to the PAO "Collegium of Auditors,"

the creation of this new body may result in a loss of client trust in auditors. Given that Kazakhstan is part of the Eurasian Economic Council (EAEU) and an agreement has been signed for a unified audit market within the EAEU, clients may seek audit services in Russia or Kyrgyzstan if the situation in Kazakhstan's audit market worsens.

A similar reform in Russia led to a reduction of 600 audit firms between 2018 and 2020, while the number of auditors with the right to perform mandatory audits dropped by 76%. Gulmira Zhamukhanbetova, Executive Director of the PAO "Institute of Audit Organizations and Auditors of Kazakhstan," has noted that amendments to the Law "On Audit Activities" have created operational challenges for audit firms. For instance, amendments did not clarify whether qualifications issued to auditors before July 6 remain valid. Consequently, auditors are now

required to undergo certification by the qualification commission of the council, but such certified auditors currently do not exist in Kazakhstan, and no certifications have been conducted since July 6, 2021.

Thus, the establishment of the Professional Council for Audit Activities is a contentious issue. On one hand, the council is aimed at raising audit service quality, globally recognizing Kazakhstani audit reports, introducing corporate governance methods, and improving Kazakhstan's investment appeal through transparent financial reporting. On the other hand, there is concern that audits could fall under governmental control, from the approval of audit licenses to the audit processes themselves, which may lead to market monopolization by a select group of companies.

It is also important to mention that soon, Kazakhstani auditors will be able to work freely across EAEU countries, as Kazakhstan ranks second after Russia in the number of audit organizations. On April 19, 2022, the EAEU Agreement on Audit Activities was signed in Moscow [13], and it came into effect on May 26, 2023, following ratification by all member countries: Belarus (September 20, 2022), Armenia (November 16, 2022), Kyrgyzstan (January 11, 2023), Kazakhstan (October 4, 2023), and Russia (April 26, 2023). The agreement facilitates the creation of a single audit market within the EAEU, allowing audit firms from any member country to operate throughout the Union. Audit reports produced in one EAEU country will be accepted across the Union [13]. Unified standards for audit practices, audit firms, and auditors will be implemented.

Within the context of the EAEU, Kazakhstan's audit services market is competitive, represented by 417 firms and 1,500 auditors. In comparison, Russia had 2,700 authorized audit firms at the end of 2022, down from 4,200 in 2020, with 16,400 auditors. In Belarus, the number of audit firms decreased from 67 to 63 in 2022, while the number of individual auditors dropped from 286 to 262, and certified auditors from 1,321 to 1,224, reflecting a 7.3% decrease.

Establishing a unified market is a complex,

long-term process requiring the collaboration of all EAEU member states. Key issues being addressed include differences in national audit legislation, the lack of a unified audit regulation system, underdeveloped infrastructure, and the shortage of qualified personnel [14]. In conclusion, the audit markets in Kazakhstan and the EAEU are undergoing active development and modernization, creating new opportunities for audit firms and contributing to a more favorable investment environment. Additionally, the EAEU audit services market, especially in Kazakhstan, is projected to grow at a faster rate than the global market, though the region still lags behind in the adoption and integration of AI into the audit workspace compared to global trends.

In summary, the research has identified several problematic areas in the self-regulation of the audit services market in Kazakhstan:

**Inability to objectively assess financial reporting quality:** There is a risk that management or staff within audit organizations may engage in actions or inaction that compromise the objectivity of financial reporting assessments.

**Non-compliance with regulations:** Many audit organizations fail to comply fully or appropriately with the legal framework that governs the audit market.

**Weaknesses in the regulatory framework:** There is a lack of robust methodologies and approaches to external quality control, which currently relies heavily on formalities and selective document reviews by auditors rather than a comprehensive audit quality analysis.

**Public Audit Organizations (PAOs) struggling with responsibilities:** PAOs are unable to adequately fulfill their roles in coordinating the audit market and overseeing external quality control, and there is an absence of a risk-oriented approach to external audits to address industry dumping.

**Lack of a long-term strategy for audit organizations:** Particularly for small and medium-sized firms, there is no clear development strategy for the medium or long term.

**Concealment of illegal actions:** Some audit

organizations may hide unlawful practices by the audited entities in order to retain contracts and clients.

**Reluctance to provide financial statements for voluntary audits:** There is often hesitation on the part of entities to submit financial statements for voluntary audits.

**Abolition of auditor confidentiality:** This undermines trust and transparency in audit processes.

**Introduction of criminal liability for auditors:** This presents significant legal risks for auditors and may deter professionals from performing their duties effectively.

These issues prevent the proper implementation of the quality concept in auditing, both at the level of individual audit firms and PAOs.

To address these challenges, the following measures are recommended to reduce the risks of compromising the quality of professional activities:

**Revise quality assessment practices:** The current methods, focused on standard compliance, are becoming outdated and are contributing to a crisis within the audit industry. A review and update of these practices are needed.

**Eliminate excessive regulatory requirements:** Reducing unnecessary demands on the audit business will help improve the professional quality of services.

**Implement anti-dumping strategies:** PAOs and industry regulators should introduce measures to combat dumping in the professional audit market.

**Adjust PAO methods for evaluating audit efficiency:** PAOs need to revise how they assess auditor efficiency and ensure that fees align with the scope and duration of audit services. This may involve an overhaul of the entire pricing system for audit firms.

**Develop new PAO control mechanisms:** PAOs should introduce additional tools to enforce accountability, especially regarding violations of the Code of Professional Ethics for Auditors and the Rules of Independence. In the long term, these measures should help balance audit pricing with

the costs incurred by audit organizations, including personnel, programs, and control mechanisms.

Improving the quality of auditing in a professional environment as a multifaceted process includes improving the methodology of audit work, professional development of specialists, the introduction of modern technologies and control methods.

A key factor in improving quality is the continuous training of auditors and their professional development. This includes both regular updating of accounting knowledge and new legislative initiatives, as well as obtaining professional certifications such as CPA or ACCA. The independence of the auditor is also one of the fundamental principles on which a quality audit is based. In order to maintain objectivity and impartiality in the audit process, it is necessary to ensure the auditor's independence from both the client and personal interests.

Risk management is also an important element. Auditors should carefully assess the risks at each stage of the audit and determine which areas of reporting require the most attention. To do this, it is necessary to use modern risk management systems that help identify potentially problematic areas and focus efforts on their analysis. The introduction of such tools can significantly improve the efficiency of audit work. Modern technologies, including big data analysis, artificial intelligence and automation of routine processes, also play an important role in improving audit quality. Data analysis software, such as tools such as IDEA and ACL, allows auditors to more quickly detect anomalies and errors that might have been overlooked with the traditional verification method. Automating repetitive tasks reduces the burden on auditors and helps them focus on more complex and important aspects of the audit.

An important aspect is also the organization of interaction with the client. Regular communication with the management of the organization helps the auditor to better understand the specifics of the business and take into account the possible risks associated with its activities. Clear and timely interaction helps to prevent misunderstandings and timely identify potential problems in reporting. To



improve the quality of work, it is also important to monitor the implementation of standards within the audit organization itself. The implementation of an internal quality control system, as well as regular internal audits of the auditors' work, help identify inconsistencies and errors at an early stage, which contributes to improving the final result. In addition, external quality control conducted by regulatory authorities plays an important role in maintaining a high level of professionalism and in preventing possible violations.

Thus, improving the quality of audit requires an integrated approach, including improving methodology, training specialists, using modern technologies and ensuring strict control at all stages of work. This helps to increase the reliability of financial reports and strengthen trust in the auditing profession as a whole.

**Conclusions.** The audit services sector in Kazakhstan is a regulated market overseen by state authorities, legal frameworks, and accredited organizations. This segment is continuously evolving to meet global standards while addressing the specific needs of the national economy. The involvement of international network representatives enhances the appeal and competitiveness of the market. The growth of Kazakhstan's audit services market has led to the

strengthening of both market and government regulation. Increased competition among audit firms, the introduction of new audit services, the establishment of audit associations focused on service quality control, and the development of new auditing standards—closely aligned with international norms—are all key drivers of this progress. Additionally, the legislative framework has also evolved alongside these developments. Looking forward, the ongoing expansion of the audit services market will further amplify the role of state regulation. Continuous legislative updates and increased government oversight will be essential to ensuring high-quality audit services.

Improving the quality of the audit is critical to ensure the reliability of financial statements, increase the confidence of investors and other stakeholders, as well as to minimize risks and prevent financial losses. A high-quality audit contributes to compliance with the law, improving the company's reputation, and improving the effectiveness of internal control and corporate governance. It also plays a key role in reducing the cost of capital and supporting strategic decision-making. Ultimately, improving the quality of audit contributes to the sustainability of the business, its competitiveness and the growth of trust in financial markets.

## References

1. Tussibayeva G.S., Sagindykova G.M. Osnovy i procedury audita v sootvetstvii s mezhdunarodnymi standartami audita. Uchebnik (UMO RUMS MON RK). - Almaty: TOO «Izdatel'stvo LEM», 2023. - 340 b. ISBN 978-601-239-743-7 [in Russian]
2. Nurseitov Je. Nurseitov D. Glavnaja kniga auditora. Posobie po mezhdunarodnym standartam audita, dejstvujušhim v RK: TOO «Izdatel'stvo «LEM», 2016.- 426 s. ISBN 9786018023910 [in Russian]
3. Ernstberger J., Koch C., Schreiber E. M., & Trompeter G Are audit firms' compensation policies associated with audit quality? //Contemporary Accounting Research. -2020. - Vol.37(1). -P. 218-244. DOI 10.1111/1911-3846.12528
4. Patrick Z, Vitalis K & Mdoom I. Effect of auditor independence on audit quality: A review of literature// International Journal of Business and Management Invention. -2017. -Vol. 6 (3). -P. 51-59.
5. Kzykeeva A.S., Myrzhakypova S.T. Analiz kachestva audita v uslovijah kazahstanskogo rynka// The Journal of Economic Research & Business Administration.- Vol.2(128). -2019. - S.131-138. DOI 10.26577/be.2019.v128.i2.012 [in Russian]

6. Xiao T, Geng C, & Yuan C. "How audit effort affects audit quality: An audit process and audit output perspective" // China Journal of Accounting Research. -2020.-Vol. 13(1). -P. 109-127.  
DOI 10.1016/j.cjar.2020.02.002
7. Noor A.S., Fatimah M.Y., Rusnah M. Perspectives on audit quality: An analysis // Asian Journal of Accounting Perspectives. -2018. -Vol. 11(1).-P. 1-27. DOI10.22452/AJAP.vol11no1.1 [in Russian]
8. Muhamad Taqi M., Rahmawati R., Bandi B., Murni S., & Warsina W. Audit Quality Attributes and Client Factors // AFRE (Accounting and Financial Review). -2020.-Vol.3(1).- P.1-13. DOI 10.26905/afr.v3i1.3884
9. Serov N. Ju. Voprosy konkurencii v ramkah sozdaniya edinogo rynka auditorskikh uslug v EAJeS / N. Ju. Serov. - Tekst: neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. - 2020. - № 30 (320). - S. 121-124.  
<https://moluch.ru/archive/320/72804> [in Russian]
10. Kzykeyeva A. Risk-Based Approach to Improving the Quality of Internal Audit // Quality - Access to Success. -2022. - Vol.23(189). -P. 228-237. DOI 10.47750/QAS/23.189.26
11. Auditorskij rynek Kazahstana na pod#jome: obzor situacii. — [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://ranking.kz> (Data obrashhenija: 20.06.2024). [in Russian]
12. Professional'nyj sovet po auditorskoj dejatel'nosti. - [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://psad.kz> (Data obrashhenija: 24.06.2024). [in Russian]
13. O ratifikacii Soglasheniya ob osushhestvlenii auditorskoj dejatel'nosti v ramkah Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza. - [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2300000041> (Data obrashhenija: 27.06.2024). [in Russian]
14. Formirovanie edinyh rynkov uslug EAJeS v oblasti audita, sostavleniya otchetnosti i buhgalterskogo ucheta. URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/departament> (Data obrashhenija: 26.06.2024). [in Russian]

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

Tussibayeva G.S. - Ph.D, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: [igulmira\\_80@mail.ru](mailto:igulmira_80@mail.ru);

Sagyndykova G. M. - Candidate of Economics, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: [gsmaktobel@mail.ru](mailto:gsmaktobel@mail.ru);

Shakharova A.Ye. - Candidate of Economics, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: [shaharovaaliya@yandex.kz](mailto:shaharovaaliya@yandex.kz);

Yusupov U.B. - Ph.D, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: [nusup86@mail.ru](mailto:nusup86@mail.ru)

#### ***Сведения об авторах***

Тусибаева Г.С.- Ph.D, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан, e-mail: [igulmira\\_80@mail.ru](mailto:igulmira_80@mail.ru);

Сагындыкова Г. М.- к.э.н., ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан, e-mail: [gsmaktobel@mail.ru](mailto:gsmaktobel@mail.ru);

Шахарова А.Е.- .э.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан, e-mail: [shaharovaaliya@yandex.kz](mailto:shaharovaaliya@yandex.kz);

Юсупов У.Б.- Ph.D, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан, e-mail: [nusup86@mail.ru](mailto:nusup86@mail.ru);

Редактор: Оспанова М.К.

Верстка: Ундасынов Р. Е., Амангелді Ш.Т.

Подписано в печать 30.12.2024 г.

Издание АО «КазУТБ» 010000, Астана, Казахстан, ул. Кайыма Мухамедханова, 37 А,

Рабочий телефон +(7172)72-58-12(134) Email: vestnik@kaztbu.kz